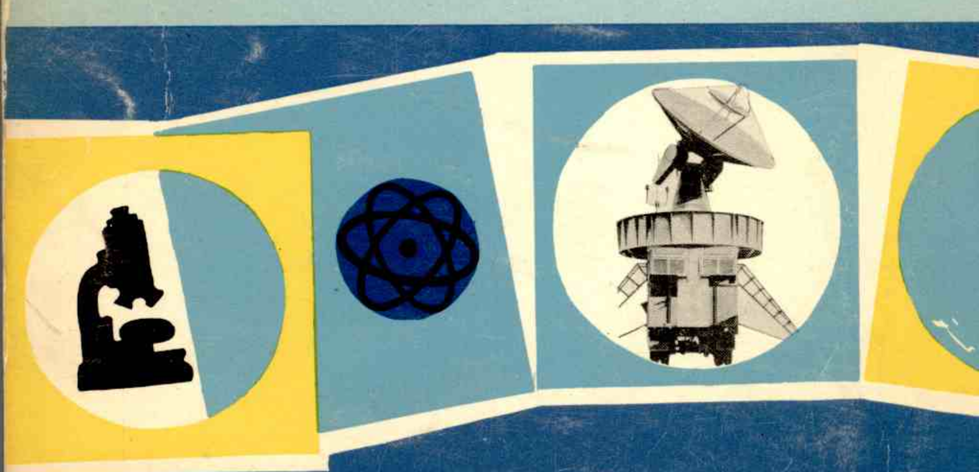
العلم والحياة

الجو وتقلباته

علي حسن موسى



دار الفكر المعاصر
بيروت - لبنان

دار الفكر
دمشق - سورية

الكتاب ٧٦٢
تصوير ١٩٨٩ م
الطبعة الأولى ١٤٠٨ هـ = ١٩٨٨ م

سورية - **دمشق** - شارع سعد الله الجابري - ص.ب (٩٦٢) - برقياً : فكر
س . ت ٢٧٥٤ هاتف ٢١١٠٤١ ، ٢١١١٦٦ - تلكس FKR 411745 Sy

المقدّمة

إن التقلبات الجوية والتغيرات المناخية أكثر ما شغل فكر الإنسان قديماً ويشغله حديثاً . وإذا كانت التغيرات المناخية تنطوي على آثار كبيرة في البيئة الجغرافية التي هي الآن محط أنظار واهتمام معظم علماء ودول العالم ، لما عايشوه في عصرنا الحالي من تغيرات تركت بصمات كبرى في البيئة ، وأبرز مثال على ذلك ما تعرض له إقليم الساحل الإفريقي(١) من تصحر خلال السنوات الماضية ، فإن أحوال الجو المتقلبة المتبدلة من ساعة إلى أخرى ، ومن يوم إلى يوم ، أثارت قديماً وما زالت تثير الكثير من التساؤلات حول طبيعتها ، وأسبابها ، واختلاف شدة تسارعها ، لما لتقلبات الجو الآنية من آثار مباشرة على حياة الإنسان اليومية . فمن منا لم تشد انتباهه حالة جوية ، أو مجموعة حالات ــ ألفها سابقاً أو لم يألفها ــ محاولاً معرفة بعض خفاياها ، محققاً النجاح تارة ، ومخفقاً تارة أخرى . ومن منا لا يتمنى أن يبدأ نهاره وهو على بينة مما ستكون عليه أحوال الجو ، ليحدد بذلك مسار العديد من أمور حياته اليومية .

---

(١) إقليم الساحل ــ أو السهل ــ الإفريقي ؛ إقليم هامشي يقع جنوبي الصحراء الإفريقية الكبرى ، ويتراوح معدل الأمطار السنوية فيه بين ٢٠٠ ــ ٥٠٠ مم .

ولقد حاولت في هذا الكتاب الذي خصصته لدراسة الجو وتقلباته أن استعرض كلَّ ما يمكن أن يراود ذهن الإنسان من تساؤلات تتعلق بمنشأ الظاهرة الجوية ، وتبدلاتها في الزمان والمكان ، وكيفية تفاعل الظواهر بعضها مع بعض لتولد حالة جوية معينة . وقسمت هذا الكتاب إلى تسعة فصول ؛ قدمت في الأول منها عرضاً موجزاً عن الغلاف الجوي ، بتركيبه وبنيته ، وانعكاس ذلك على أحوال الجو . أتبعت ذلك ــ في الفصل الثاني ــ تحديداً لمفهوم الحالة الجوية وكيفية التعبير عنها ، لأنتقل في الفصل الثالث لمعالجة القوة الأساسية المتحكمة في الجو وتقلباته ، ثم أعقبت ذلك ــ في الفصل الرابع ــ بالحديث عن مراكز العمل الجوية باعتبارها القوى الفعالة الملحوظة فوق سطح الأرض التي تنظم الحركات الجوية وترسم الخطوط العامة لأحوال الجو . أما في الفصول الخامس والسادس والسابع ، فقد رأيت أن أركز فيهما على بعض الظواهر الجوية الأساسية من تكاثف ، وهطول ، وعواصف وأعاصير ، لأنتقل ــ في الفصل الثامن ــ إلى محاولة تقديم صورة عامة مبسطة لملامح الأحوال الجوية في القطر العربي السوري . ولما كان الإنسان تواقاً بطبيعته لمعرفة طالع مستقبله ، لذا رأيت أن تكون نهاية الكتاب (الفصل التاسع) مخصصة لتكوين صورة عامة عن مفهوم التنبؤ الجوي وطرائقه .

وحرصت جاهداً على تبسيط المعلومات ، لجعل هذا الكتاب سهل المنال لأكبر عدد من جمهور القراء متخصصين أو غير متخصصين ،

ضمن سياسة العلم للجميع . وكلي أمل أن يحقق هذا الكتاب ما أبتغيه منه لإنساننا العربي التواق إلى المعرفة ، ممكناً إياه من فهم بعض ما يجول في خاطره من تساؤلات عن الجو وتقلباته .

دمشق /١٣/ ٥/ ١٩٨٦

د . علي موسى

الفصل الأوّل

ماذا عن الغلاف الجوي

يطلق تعبير الغلاف الجوي ، أو الغلاف الهوائي ، على تلك الغلالة الشفافة التي تحيط بالأرض ، وتفصل سطحها عن الفراغ الكوني ــ وهو الفراغ الذي يشغل حيزاً ضخماً يفصل السقف الخارجي لجو الأرض عن السقوف الخارجية لأجواء الكواكب الأخرى ــ .

وحديثنا عن الغلاف الجوي الأرضي ونهايته ، والفراغ الكوني وبدايته ، حديث طويل ومتداخل ، طالما قرأنا عنه في الكتب والمجلات ، وسمعنا عنه الكثير ، حتى بات الحديث عن الأجزاء العليا من الجو والدخول في الفراغ الكوني أمر شيق وجذاب ، بعد أن كشفت الحقائق العلمية الحديثة الكثير من الأسرار عن جونا الأرضي ، وعن الفراغ الكوني الذي ندخل فيه بمجرد تجاوزنا لجونا الأرضي .

والسؤال المطروح الآن ، أليس من الممكن أن نحدد سقف جونا الأرضي ؟

لقد اختلف العلماء في التحديد ، إذ يحدده بعضهم عند سوية ١٠٠٠ كم فوق مستوى سطح البحر ، بينما يحدده بعضهم الآخر عند سوية ١٠,٠٠٠ كم ، حتى لنجد آخرين منهم يتجاوز تلك السويتين ليصل إلى

سوية ١٠٠,٠٠٠ كم . وبوجه عام ، فانه ليس هناك حد فاصل بدقة لنهاية الغلاف الجوي الأرضي ، لأن هذا الحد يندمج بشكل تدريجي بالغازات والأتربة المخلخلة للغاية الواقعة بين الكواكب . إلا أن ما يهم ساكن هذه الأرض من الغلاف الجوي لا يتعدى المئة كيلومتر الأولى منه القريبة إلى السطح ، لا سيما العشرة كيلومترات الأولى منه التي تتمثل فيها كافة الظواهر الجوية التي نلمسها في حياتنا اليومية .

مم يتكون الغلاف الجوي ؟

ما حقيقة الجو الذي نعيشه ؟ . إننا نعيش فوق سطح الأرض ، في مجال غلاف أرضنا الهوائي ، نرتكز بأقدامنا على سطحها ، وتشمخ رؤوسنا في هوائه ، نستنشقه ، ونحيا به ، نحس به دون أن نراه ، وإحساسنا به لا يعني أننا نستطيع أن نلمسه أو نمسكه بأيدينا ، وإنما نحس به وهو في حالة الحركة . أنظارنا لا تبارحه دون أن نستطيع تحديد لون له ، نستنشقه دوماً ولا حياة لنا دونه ، ولكن لا نشعر بطعم له . هو أساس وجودنا ، فمنه تأتي مياهنا ، وهو مصدر حياتنا ، وحياة زرعنا وحيواناتنا ، وهكذا فإن مصادر الحياة كافة تتمثل في الغلاف الجوي .

وبعد فلنتعرف على مكونات الغلاف الجوي :

بادىء ذي بدء ، لا بد من التنويه مسبقاً إلى أن كلمة هواء تعني جو ، والغلاف الجوي ، هو الغلاف الهوائي . وعندما نتحدث عن مكونات الغلاف الجوي ، فإن حديثنا هو عن مكونات الهواء ، أو تركيبه .

مم يتكون الهواء النقي ؟

الهواء ؛ ليس عنصراً متجانساً ذا بنية واحدة ، وإنما هو خليط من عدة غازات ليست متفاعلة كيميائياً مع بعض لتتمثل بشكل مركب واحد ، وإنما ممتزجة مع بعض مع المحافظة على خصائصها ، لذا فهو خليط فيزيائي ، ويتمثل هذا واضحاً من خلال كون الأجزاء القريبة من سطح الأرض من الغلاف الهوائي أكثر وزناً وكثافة من الأجزاء البعيدة عن سطح الأرض .

وإذا ما أخذنا عينة من الهواء النقي الجاف من الجزء الأدنى من الغلاف الجوي[1] ، لوجدنا انها تتركب من الغازات التالية :

حوالي ٧٨ ٪ من الحجم من غاز الآزوت (النتروجين)
حوالي ٢١ ٪ من الحجم من غاز الأوكسجين
حوالي ١ ٪ من الحجم من غاز الأورغون

بالإضافة إلى حوالي ٠,٠٣ ٪ من الحجم من غاز ثاني أوكسيد الكربون .

وهكذا نجد أن ٩٩,٩٩ ٪ من حجم الهواء يتكون من غازات ؛ الآزوت ، الأوكسجين ، الأورغون ، وثاني أوكسيد الكربون ، والـ ٠,٠١٪ الباقية تتمثل في مجموعة من الغازات الأخرى كما في ؛ النيون ، الهليوم ، الأوزون ، الهيدروجين ، الكريبتون ، الأكسينون ، والميتان .

---

(١) دلت الدراسات إلى أن الغازات المكونة للهواء تختلط مع بعضها بنسب ثابتة تقريباً في الارتفاعات الأقل من ٥٠ كم عن سطح الأرض .

وتتوافق النسب التي تشغلها تلك الغازات من حجم الهواء مع النسب التي تشغلها من كتلة الهواء ـــ أو وزنه ـــ . كما يوضحها الجدول التالي :

العنصر	النسبة من الحجم (٪)	النسبة من الكتلة (٪)
الآزوت	٧٨,٠٩	٧٥,٥١
الأوكسجين	٢٠,٩٤	٢٣,١٥
الأورغون	٠,٩٣	١,٢٨
ثاني أوكسيد الكربون	٠,٠٣	٠,٠٤٦
المجموع	٩٩,٩٩	٩٩,٩٨٦
الغازات الأخرى (نيون ، هيليوم ، أوزون هيدروجين ..إلخ)	٠,٠١	٠,٠١
المجموع	١٠٠	١٠٠

ومما لاشك فيه ، فإن لخصائص تلك الغازات المكونة للغلاف الجوي أهمية في أحداث الطقس والمناخ ، بخاصة ما كانت منها ذات نسبة متغيرة ،

كما في ثاني أوكسيد الكربون ، والأوزون ، ليس هذا فحسب ، بل فإن الهواء يحتوي على كمية متغيرة متبدلة من بخار الماء ، مسؤولة عن كافة مظاهر التكاثف والتهطال التي تحدث في الجو . وترتبط استطاعة الهواء على احتواء بخار الماء بدرجة حرارته ، إذ أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الهواء زادت قابليته وقدرته على احتواء بخار الماء الذي لا تزيد نسبته عن ٥ ٪ في الأجزاء من الجو القريبة من سطح الأرض . وبصورة عامة فإن نسبة ٢ ٪ من بخار الماء تمنح الهواء صفة الرطوبة ، وهذا ما يتمثل في هواء المنطقة المدارية الرطبة ، وفي صيف الأجزاء البحرية من العروض المعتدلة . وأخفض نسبة من بخار الماء في الهواء نجدها في المناطق الصحراوية ، وفي المناطق القطبية .

الشوائب في الجو

ما ذكرناه في الفقرة السابقة يخص الجو النقي ، غير أن الجو بشكل عام يحتوي على كميات كبيرة من المواد الغريبة التي يعود مصدرها الأول إلى الأرض والإنسان ، بعض منها يكون على شكل مركبات كيميائية ــ كما في مركبات الكربون ، ومركبات الكبريت ، وأكاسيد الآزوت ــ ناتجة عن احتراق الوقود ، ومخلفات المصانع ، والبعض الآخر على شكل مواد دقيقة ذات منشأ طبيعي ، متمثلة في الغازات والأتربة . وملاحظتنا لعاصفة ترابية واحدة توحي لنا بمقدار كميات الأتربة المنقولة من المناطق الجافة المفككة التربة ، والتي تبقي على الجزء الأكبر منها محمولاً ومعلقاً في الهواء لمدة من الزمن حتى يتيسر لها السقوط والترسب فوق السطح ، إما في حال هدوء الجو أو أثناء هطول الأمطار والثلوج . كما تدفع البراكين إلى الجو

أثناء ثورانها كميات ضخمة من الرماد البركاني والغازات المختلفة ، مع ما لهذا من تأثير بالغ على الأحوال الجوية . وتحتوي أجواء المناطق البحرية على كميات من الأملاح ــ كاليود ، وملح الطعام ــ . وتكثر في أجواء المناطق النباتية ــ التي تعج بالورود والأزاهير ــ في فصل الربيع ــ فصل تفتح الأزهار ــ حبات الطلع التي كثيراً ما تصيب بعض الناس بمرض التحسس الربيعي ، كما وتبدو حبات الطلع المتركزة في الجو بشكل غشاوة مختلطة مع غيرها من الملوثات ، يعرفها الناس بـ « عبوق الشجر » . يضاف إلى ما تقدم بعض الأتربة الكونية التي مصدرها الشهب المحترقة في الجو .

الاختلاف الأفقي في المكونات الجوية

إن التباينات الأفقية في مكونات الجو الثابتة الرئيسة (الآزوت ، الأوكسجين ،الأورغون) غير واضحة ، في حين يكون التباين واضحاً في المكونات غير الثابتة (ثاني أوكسيد الكربون ، وبخار الماء) وفي نسبة الشوائب .

فنسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون تزداد في المناطق المزدحمة بالسكان ، وفي المناطق الصناعية والمدن الكبرى ، وأماكن الثورات البركانية ، لتقل نسبته في المناطق الريفية الوفيرة النبات ، لقيام النباتات بعملية التمثيل اليخضوري ــ من امتصاص لثاني أوكسيد الكربون الجوي وإطلاقها للأوكسجين في ساعات النهار ، مع حدوث العكس في ساعات الليل ــ .

كما أن كمية بخار الماء في الجو تختلف من مكان إلى آخر ، واختلافاتها

أكبر من اختلافات كمية ثاني أوكسيد الكربون . فهو بوجه عام ــ أي بخار الماء ــ أكثر وفرة في العروض المنخفضة مما في العروض المرتفعة[1]، فإذا كانت نسبته تصل إلى قرابة ٤ ــ ٥ ٪ من الحجم في المنطقة الاستوائية ، فإن تلك النسبة لا تزيد عن ٠,٢ ٪ في المنطقة القطبية .

ليس هذا فحسب ، بل إن نسبته في أجواء المناطق البحرية والقريبة منها ، أكبر بكثير من نسبته في أجواء المناطق القارية والصحراوية .

وبما أن مصدر الشوائب الجوية هو سطح الأرض ، لذا فإن تلك الشوائب تكون أكثر وفرة في أجواء مناطق مصادرها ، وإن كانت حركة الهواء تعمل على الإخلال بذلك ، لأنها تقوم بنقل كميات وفيرة من الأتربة والملوثات الأخرى من مناطق مصادرها إلى مناطق أخرى بعيدة عنها ، غير أن منطقة المصدر والقريبة منها تبقى أكثر شوائباً . فالمناطق الريفية المزروعة أنقى هواء من مناطق المدن ذات الشوائب الوفيرة . وتكفي نظرة واحدة في ساعات الغروب من أعالي جبل قاسيون المطل على مدينة دمشق وحوضتها ، حتى تتراءى للمرء تلك الغلالة من الشوائب التي تغلف جو المدينة الأسفل ، والتي لا نرى مثيلاً لها في منطقة ريفية زراعية ــ كمنطقة الغاب مثلاً ــ .

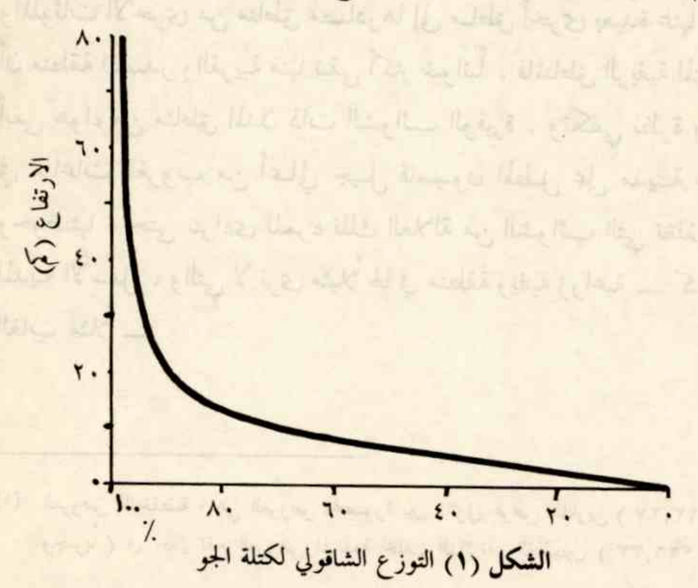
---

(١) العروض المنخفضة ؛ هي العروض المحصورة بين دائرتي عرض المدارين (٢٣,٢٧َ° شمالاً وجنوباً) في حين تقع العروض المرتفعة خلف الدائرتين القطبيتين (٦٦,٣٣َ°) .

الاختلاف الشاقولي في المكونات الجوية

يجدر بنا أن نشير هنا أولاً ، إلى أن قرابة ٥٠ ٪ من كتلة الجو تتركز في الستة كيلومترات الأولى القريبة من سطح الأرض ، بينما يتركز في المئة كيلومتر الأولى بدءاً من سطح الأرض قرابة ٩٩ ٪ من كتلة الجو ـ شكل (١) .

ومن أهم خصائص الغازات ، أنها لا تحافظ على شكل معين أو حجم محدد ، بل تنتشر لتملأ الفراغ الذي تعرض له . غير أن السؤال المطروح ، هو لماذا لا ينتشر جو الأرض أو يتمدد ليصل حتى القمر ، أو حتى إلى النجوم ، أو بالأحرى لماذا لا يملأ الفراغ الكوني بكامله ؟ . إن هذا غير



الشكل (١) التوزع الشاقولي لكتلة الجو

ممكن ، لأن الغازات تخضع في انتشارها لقانونين يعاكس أحدهما الآخر ، فقانون الغازات يسمح لها بالتمدد ، غير أن تلك الغازات تخضع أيضاً لقانون الجاذبية ، لأن الأرض تمسك غلافها الهوائي بفعل جاذبيتها تماماً كما تمسك أجسامنا وتجذبها إليها . ولو لم يتوافر للأرض ذاك القدر الكافي من الجاذبية الذي مكنها من الاحتفاظ بغلافها الجوي لما أتيحت للإنسان فرصة الوجود عليها .

وبوجه عام فإن المكونات الجوية تتوزع شاقولياً حسب ثقالتها . غير أننا نجد أن توزع تلك المكونات في المئة كيلومتر الأولى يكاد يكون بنسب ثابتة دون تركز إحدى تلك المكونات في سوية ، والأخرى في سوية أخرى ، وإن كنا نجد غاز الأوزون يأخذ موقعاً متميزاً من ذلك ، فهو قليل جداً عند السطح وفي الأجواء العليا ، ليبلغ أقصى درجات تركزه فيما بين سويتي ارتفاع ٢٥ ــ ٣٥ كم . غير أنه في الأجزاء من الجو الواقعة وراء الـ ١٠٠ كم الأولى ، فإن الغازات تكاد تتمركز في طبقات محددة حسب كثافتها ، وهذا ما جعل البعض يقسمون الغلاف الجوي إلى عدة أغلفة فرعية حسب التمركز الكثافي للغازات :

أ ــ الغلاف المتجانس Homosphere ؛ يمتد من مستوى سطح البحر حتى سوية ارتفاع ١٠٠ كم . ويتصف باتساق توزيع مكوناته حسب ثقالتها ، وحسب نسبة وجودها .

ب ــ الغلاف غير المتجانس Hetrosphere ، يمتد من سوية ارتفاع ١٠٠ كم وحتى نهاية الغلاف الجوي ، ويشمل عدة أغلفة ثانوية يتضح

ضمن كل غلاف منها تمركز لأحد الغازات ، وهذه الأغلفة هي كالآتي :

١ ــ الغلاف الآزوتي ؛ من ١٠٠ ــ ٢٠٠ كم .

٢ ــ غلاف الأوكسجين الذري (O) ؛ بين ٢٠٠ ــ ١١٠٠ كم .

٣ ــ غلاف الهليوم ؛ بين ١١٠٠ ــ ٣٥٠٠ كم .

٤ ــ غلاف الهيدروجين الذري (H) ؛ من ٣٥٠٠ كم حتى نهاية الغلاف الجوي .

أهمية مكونات الجو بالنسبة للأحوال الجوية

يعد غازا الأوكسجين والآزوت أكثر الغازات الجوية أهمية ؛ **فالأوكسجين** عماد الحياة وسر وجودها . وهو قليل الذوبان في الماء ، ومع ذلك فلذوبانه هذا دور هام في حياة الكائنات الحية المائية التي تأخذ ما يلزمها من الأوكسجين المذاب في الماء . ويدخل الأوكسجين في العديد من العمليات الكيميائية . وهو الغاز الرئيسي المساعد على الاحتراق . أما **الآزوت** فإنه أساس تركيب الهواء الجوي ، فهو يشغل أكبر حجم ووزن ، ويعود إليه القسط الأكبر من ضغط الهواء ، وقوة التيارات الهوائية ، وانكسار أشعة الشمس عند اختراقها الغلاف الجوي . كما أنه الواقي للأرض من الشهب لأنه يحطمها وهي في طريقها إلى الأرض محرقاً إياها ، وذوبانه في الماء قليل .

ويعد غاز **ثاني أوكسيد الكربون** من أكثر الغازات التي شغلت علماء المناخ ، لأن نسبته في الجو في تغير دائم ، ولكونه أحد المركبات ذات التأثير الكبير في الظروف الحرارية ، وما يتولد عنها من ظروف مناخية أخرى .

ونسبته في تزايد مستمر ، إذ يقدر أن نسبته تغيرت من ٢٩٤ في المليون عام ١٨٧٠ إلى ٣٢١ في المليون عام ١٩٧٠ (تزايد بنسبة ١١ ٪) . وينظر إلى ثاني أوكسيد الكربون في الجو كعامل تسخين له .

أما **بخار الماء** ، فبالإضافة إلى أهميته في مختلف الظواهر المائية في الجو ، فإن أهميته الحرارية كبيرة ، لكونه يقوم بدور مماثل للدور الذي تقوم به البيوت البلاستيكية الصنعية ، فهو يسمح للأشعة الشمسية بعبوره بحرية ، لكنه يمنع معظم الأشعة الأرضية الحرارية طويلة الموجة (تحت الحمراء) معيداً إياها إلى السطح ، وبذا يحمي الأرض — في حال توافره بكثرة — من التبرد الشديد . ليس هذا فحسب ، بل إنه أثناء تكاثفه في الجو ، يعمل على تدفئته ، بفعل انطلاق الحرارة الكامنة فيه أثناء تكاثفه ، وهذا ما نلاحظه من دفء نسبي حال هطول الأمطار .

ومن الغازات التي لها دور في أحوال الجو ، والتي تمنحه خاصيته الملائمة للحياة ، **غاز الأوزون** (O_3) الذي يتركز بالدرجة الأولى فيما بين سويتي ارتفاع ٢٥ — ٣٥ كم ، والذي يقوم بامتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية الواردة من الشمس ، مانعاً إياها الوصول إلى سطح الأرض ، مشكلاً بذلك حجاباً واقياً للإنسان من تأثيرات تلك الأشعة القاتلة . ويعزى أيضاً إلى ذلك الغاز ، التسخين الذي يحدث في تلك السويات من الارتفاع .

أما **الشوائب** الموجودة في الجو ، فتأثيرها على الأحوال الجوية أشد وضوحاً ، وأكثر إدراكاً من قبل الإنسان . فبجانب الدور الذي تقوم به

الجزيئات الصلبة في الجو كنويات تكاثف تساعد وتشجع جزيئات بخار الماء على التكاثف والهطول رافعة نسبة الهطول ، فإنها تقوم أيضاً بالتخفيف من شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض ، معدلة من درجة الحرارة . كما وتؤثر وفرة الأجسام الغريبة في الجو على الرؤية ، بخاصة في حالة العواصف الترابية .

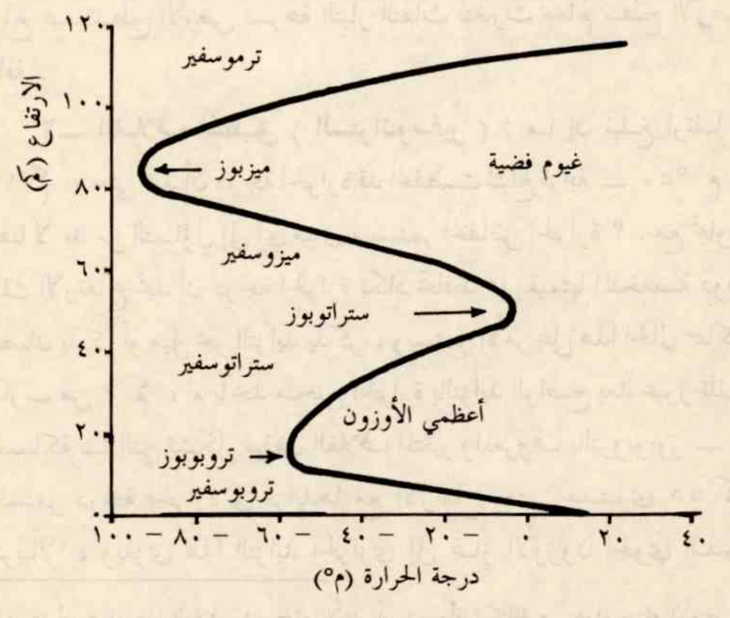
أغلفة الجو الفرعية ، وأهميتها في أحوال الأرض الجوية

معروفة لنا ــ سكان الأرض ــ زرقة السماء في جو صحوٍ ، والتي تشبه إلى درجة كبيرة زرقة مياه البحر ، ولكن هل تبدو السماء بنفس اللون إذا ما ارتفعنا بعيداً عن سطح الأرض ؟ . الجواب بالنفي . فاللون الأزرق عند السطح يتغير بشكل تدريجي مع تزايد الارتفاع . ففيما بين سويتي ارتفاع ٦ ــ ٧ كم ، تتحول الزرقة البحرية إلى زرقة داكنة ، وإلى لون بنفسجي داكن فيما بين سويتي ارتفاع ٧ ــ ٩ كم ، ليصبح لون السماء بنفسجياً زاهياً (موفي Mouve) بين سويتي ارتفاع ٩ ــ ١٢ كم ، ورمادياً بنفسجياً داكناً بين ١٢ ــ ١٣ كم ، وأسوداً رمادياً (Greyish black) بين ١٣ ــ ١٤ كم ، وليأخذ لون السواد فوق ارتفاع ١٤ كم .

إن تغير لون السماء مع تغير الارتفاع يعكس اختلاف بنية وتركيب الجو مع تزايد الارتفاع ، وما لذلك من تأثير على كمية الأشعة ونوعيتها الواصلة إلى سطح الأرض ، وأيضاً تلك الأشعة المرتدة نحو الفضاء ،

والمنتثرة في اتجاهات عدة . وقد قدمت أجهزة السبر اللاسلكية (الراديوسوند) والصواريخ ، والأقمار الصناعية ، والمركبات الفضائية ، وفرة من المعلومات عن الغلاف الجوي ، واختلاف تركيبه وحرارته وكثافته ..الخ مع تزايد الارتفاع ، مما دعى إلى تقسيم الغلاف الجوي إلى عدة أغلفة فرعية ، هي الآتية ــ شكل (٢) ــ :

١ ــ الغلاف المتغير (التروبوسفير) : وهو الذي يشغل وسطياً الـ ١٢ كم الأولى القريبة من سطح الأرض ، وتكون سماكته في المناطق الحارة (١٦ كم في المنطقة الاستوائية) أكبر من سماكته في المناطق الباردة



الشكل (٢) أغلفة الجو الفرعية

(٦ كم في المنطقة القطبية) . ويحتوي هذا الغلاف على قرابة ٧٥ ٪ من كتلة الجو ، وعلى كامل بخار الماء تقريباً . ولذا فإن معظم الأحداث والتقلبات الجوية ، مردها إلى ما يحدث ضمن هذا الغلاف . ففيه تتناقص درجة الحرارة مع الارتفاع ، وتتناقص كثافة الهواء والضغط الجوي ، إلا أن معدل تلك التغيرات يختلف حسب الزمان والمكان . وعند سقف هذا الغلاف تهب رياح عاصفة هي جزء من تيار الهواء العلوي الدافق المعروف بالتيار النفاث الذي تصل سرعته إلى حدود ٢٠٠ كم / ساعة ، ومثل هذه السرعة تفوق سرعة أكبر الرياح العاصفية عند سطح الأرض ، ولو حدثت رياح عند سطح الأرض بسرعة التيار النفاث لتغيرت معالم سطح الأرض كافة .

٢ــ الغلاف المتطبق (الستراتوسفير) : ما إن نبلغ ارتفاع ١٢ كم ، حتى نجد أن درجة الحرارة قد انخفضت لتبلغ قرابة ــ ٥٠° م . وهنا لا بد من التساؤل إلى أي مدى سيستمر انخفاض الحرارة ؟ . مع تجاوز ذلك الارتفاع نجد أن درجة الحرارة تكاد تحافظ على قيمتها المنخفضة دون نقصان يذكر أو ميل نحو التزايد يذكر ، ويستمر الأمر على هذا الحال سماكة تقارب من ٢ كم ، ثم يأخذ منحنى الحرارة بالتزايد الواضح بعد عبور تلك السماكة ــ التي تشكل سقف الغلاف المتغير والمعروف بالتروبوبوز ــ . وتستمر درجة الحرارة في تزايدها مع الارتفاع حتى مستوى ٥٥ كم تقريباً[1] ، ويعزى هذا التزايد الحراري إلى غاز الأوزون الجوي الذي

(١) بما أن هواء هذا الغلاف في جزئه الأعلى أسخن وأقل كثافة من هواء جزئه الأسفل ، لذا فإن عملية الحمل نادراً ما تحدث فيه .

يتركز معظمه في هذا الغلاف ، والذي يقوم بامتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية الشمسية[1] . وعند تلك الارتفاعات العالية تبدو السماء مظلمة كما وصفها الذين بلغوا تلك الارتفاعات .

ولما كان معدل تناقص الحرارة في الغلاف المتغير أكبر من معدل تزايدها في الغلاف المتطبق ، لذا فإن درجة الحرارة عند سقف الغلاف المتطبق (صفر درجة مئوية) لا تبلغ مبلغها عند أرضية الغلاف المتغير (١٥° م وسطياً) . وهذا يعني أن درجة الحرارة لا ترتفع فوق الصفر في الغلاف المتطبق ، بل نجدها تحوم حوله عند سقفه .

٣ ــ الغلاف الأوسط (الميزوسفير) : عند ارتفاع ٥٥ كم نجد أن درجة الحرارة تثبت تقريباً عند درجة معينة ، وهي الصفر ، ولسماكة لا تزيد عن ٢ كم ــ إذ تعرف تلك السماكة بسقف الغلاف المتطبق (الستراتوبوز) ــ . ولكن بتجاوز تلك السماكة المحدودة تأخذ درجة الحرارة بالتناقص بشكل ملحوظ لتبلغ قرابة ــ ٩٠° م عند سوية ارتفاع ٨٠ كم . ويعرف غلاف التناقص الحراري هذا (٥٥ ــ ٨٠ كم) بالغلاف الأوسط ، الذي تتراءى فيه خلال فصل الصيف بعض الغيوم الفضية اللون .

٤ ــ الغلاف الحراري (الترموسفير) : فيما بين سويتي ارتفاع ٨٠ ــ ٥٠٠ كم تأخذ درجة الحرارة بالتزايد مع الارتفاع لتبلغ أكثر من

---

(١) نظراً لأن معظم الأوزون يتركز فيما بين سويتي ارتفاع ٢٥ ــ ٣٥ كم ، فإن معدل التزايد الحراري يكون على أشده عند تلك السماكة .

١٠٠٠° م عند ارتفاع ٢٠٠ كم . ويرجع العلماء هذا التزايد الحراري إلى امتصاص الأشعة قصيرة الموجة ــ لاسيما فوق البنفسجية ــ من قبل الأوكسجين الذري[١] . ويكون الجو شديد التخلخل ، وكثافته منخفضة جداً .

وفيما بين سويتي ارتفاع ١٠٠ ــ ٣٠٠ كم ، يكون الغلاف الجوي شديد التكهرب (التأين) ، ولهذا الجزء من الغلاف الجوي خاصية عكس أمواج اللاسلكي نحو سطح الأرض .

٥ ــ **الغلاف الخارجي (الأكسوسفير)** : وهو الغلاف الممتد بين سويتي ارتفاع ٥٠٠ ــ ٧٥٠ كم . وفيه تستمر الحرارة بالتزايد ، وتشاهد فيه الكثير من ذرات الغازات المتكهربة[٢] .

٦ ــ **الغلاف المغنط (الماغنيتوسفير)** : وهو ما يشكل سقف الغلاف الجوي ، ممتداً من سوية ارتفاع ٧٥٠ كم ، وحتى الفراغ الكوني . وتتصف مكوناته بشدة تكهربها ــ أي تأينها أو تشردها ــ ، وخاصيتها المغناطيسية . وتبدو معظم الجزيئات المتشردة متركزة في حزمتين ، إحداها عند ارتفاع ٤٠٠٠ كم ، والأخرى عند ارتفاع ٢٠,٠٠٠ كم ، وتعرف هاتين الحزمتين ، بحزم ڤان أللين Van Allen .

---

(١) الأوكسجين الذري ؛ هو الأوكسجين الذي يوجد بحالته الذرية (O) وليس بحالته الجزيئية O_2 .

(٢) الغازات المتكهربة؛ هي الغازات المتشردة ، أي التي فقدت إلكتروناتها ، أو اكتسبت بعض الالكترونات من ذرات غازات أخرى ، وبذا أصبحت ذات شحنات كهربائية سالبة أو موجبة .

الفراغ الكوني

هل الفضاء بين كواكب المجموعة الشمسية مفرغ تماماً من الهواء ؟ . طبعاً الجواب بالنفي . فعلى الرغم من أن خصائص الجو الأرضي ليست معروفة تماماً فيما بعد ٧٠ ألف كم ، برياحها وحرارتها ... إلخ ، إلا أنه إذا ما اعتبرنا نهاية غلاف الأرض الجوي عند ١٠٠ ألف كم ، فهذا ليس معناه أن هناك حداً فاصلاً واضحاً ، وإنما انتقال تدريجي .

وبوجه عام ، فإن الفضاء الواقع خلف جو الأرض لا يخلو من مواد تدخل فيه ، وهي عبارة عن غازات ساخنة ، ودقائق ترابية ، تتكون بشكل رئيسي من بروتونات وإلكترونات ، وتكون تلك المواد ذات كثافة منخفضة جداً . ومن الممكن اعتبار الأجزاء الخارجية من الغلاف الجوي مندمجة بهذه المادة الشديدة التخلخل .

☆ ☆ ☆

الفصل الثاني

ما المقصود بالحالة الجوية ، وكيف يعبر عنها ؟

تحدثنا في الفصل السابق عن مركبات الجو ، وبنيته الشاقولية والأفقية . إلا أن درجة تركيز مركبات الجو على المستويين الأفقي والشاقولي تتباين بين جزء وآخر من سطح الأرض ، ووراء هذا التباين مسبباته ، كما أن لهذا التباين في تركيز مركبات الجو ــ بخاصة الرئيسة منه ــ آثار بارزة في إضفاء صفات معينة ومحددة على الحالة العامة للجو .

مفهوم الحالة الجوية

اهتم الإنسان منذ قديم الأزمان ، وما زال مهتماً ، بوصف الحالة الجوية والتعبير عنها . فعندما تسأل إنساناً عن حالة الجو فإنه يجيبك ، بأن الجو بارد ، أو معتدل ، وقد يقول لك بأن الجو دافىء أو حار ، وذلك حسب إحساسه بالبرودة أو الدفء . أو أن يجيبك بأن الجو ماطر ــ وأحياناً يصف لك حالة المطر إن كان غزيراً أم معتدل الغزارة ، أو خفيفاً ــ ، أو أن يقول لك أن الجو في الخارج ضبابي ، أو صقيعي ، أو عاصفي ــ في حال هبوب رياح شديدة السرعة ــ مع ما لتلك التعبيرات وغيرها من

دلالات فردية عن حالة جوية سائدة ، تم التعبير عنها بشكل صحيح . غير أن العادة جرت في كثير من الحالات ، على إعطاء وصف مركب لحالة جوية سائدة باستخدام أكثر من عنصر أو ظاهرة ، كأن يقال الجو جاف بـارد ، أو رطب بـارد ، أو رطب حـار ، أو جـو عاصفـي مضطرب ـ لوصف حالة اضطراب شديد في الطقس ؛ رياح شديدة السرعة ، غيم ، مطر ، مع انخفاض في الحرارة ـ ، أو جو مشمس دافىء ، أو جو غائم بارد أو دافىء ... إلخ . ذلك من تعبيرات أصبحت شائعة التداول بين الناس على مختلف فئاتهم ، وأنشطتهم ، وسكناهم .

وإلى جانب ما تقدم من التعبيرات الآنية الاستخدام التي تشير إلى حالة الجو أثناء حدوثها ، فقد رسخت في أذهان الناس تعبيرات أعم بالزمان والمكان ، لما عايشوه وتوارثوه عبر أجيال طويلة من نفس المشاهد المتتابعة في الأحوال الجوية السائدة ، مما جعل مفهوم السيادة العامة ، والشذوذات الاعتيادية وغير الاعتيادية أمراً مقبولاً في العروض الوسطى والمنخفضة من نصفي الكرة الأرضية . بينما نجد أن انحراف الحالة الجوية في العروض العليا عن الوضع المألوف والمتكرر تسبب أحياناًبعض الآثار السلبية على الإنسان وغيره من الأحياء . ليس هذا معناه أن العروض المنخفضة والوسطى لاتتعرض إلى بعض الشذوذات المدمرة، ولكن يمكن القول إنها تكاد تنحصر في الأعاصير الجوية الشديدة العنف التي يحسب لها ألف حساب في المناطق المحتمل حدوثها فيها ، وفي طفرات الجفاف التي تتعرض لها المناطق الهامشية .

استناداً إلى ما تقدم ، يمكن القول ، إن حالة الجو السائدة أو التي ستسود في أي مكان ، وخلال أية مدة زمنية طالت مدتها أم قصرت ، يعبر عنها بمجموعة من العناصر ممثلة بشكل رئيسي بـ : درجة الحرارة ، الرطوبة الجوية ، الهطول ، والرياح . ونتيجة لكون كل عنصر من تلك العناصر مرتبط بالآخر ، كما أنه مرتبط بغير ذلك من العوامل التي تتدخل في تحريك القوى الأولية المكونة للحالة الجوية العامة ، تبدو أحياناً الآثار الفردية لبعض تلك العناصر واضحة ــ في حال سيادة أوضاع جوية مستقرة ، كما يحدث في فصل الصيف في بلادنا ــ ، إذ تكون درجة الحرارة هي المعيار الأساسي للحكم على الحالة الجوية . في حين تتداخل ــ في كثير من الأحيان ــ العناصر مع بعضها لتعطي أحوالاً جوية محددة ، تختلف من وقت إلى آخر ، ومن مكان إلى مكان . باختلاف قيمة عنصر أو أكثر من تلك العناصر ــ كما يحدث في نصف السنة الشتوي في بلادنا ــ .

الجو ، والطقس Weather

تستخدم كلمة الطقس لوصف حالة وقتية للجو في مكان محدد . كأن نقول أن الجو غائم ممطر شديد البرودة في الساعة السادسة صباحاً أو التاسعة مساءً ، أو أن الجو مشمس دافئ مع رياح خفيفة خلال نهار يوم الخميس . بل كثيراً ما نسمع أحياناً قولاً مفاده بأن الجو طوال الأيام الثلاثة الماضية أو الأسبوع الماضي غائم ممطر وبارد ، إن هذا كله لدليل على أن كلمة الجو تدل على الطقس فكلاهما لا يستخدم بشكل مجرد ، وإنما يقترن استخدامه

بصفة تدل على حالته (طقس ماطر أو جو ماطر ، طقس حار ، أو جو حار) .

وما يناظر مفهوم الطقس ، هو مفهوم المناخ Climat ، لكون كلاهما يهتم بالأحوال الجوية ، وكلاهما يعبر عنه بنفس العناصر ، غير أن الفارق بينهما هو زمانياً ومكانياً . فبينما يصف الطقس حالة الجو في مكان محدد ووقت محدد ، يتألف المناخ من مركب لجملة حالات جوية (طقوس) تتردد على منطقة أكبر اتساعاً وشمولاً خلال مدة زمنية طويلة تتمثل فيها كافة الأحوال الجوية الشاذة وغير الشاذة اعتمدت دراستها على حساب المعدلات الوسطية لسنوات عديدة لا تقل عن عشر سنوات لتشكل تلك الحالات المترددة نموذجاً محدداً يطبع المنطقة بطابع مميز ، فيمكننا هذا النموذج الذي كان تردده على نفس الوتيرة من عملية التعميم ، وهي أن الأحوال الجوية ستكون تقريباً هي نفسها في الأوقات القادمة ، وإذا ما حدث أي تغير بارز فنكون عندها أمام مفهوم التغير المناخي . فالمناخ في شهر كانون الثاني في سورية بارد نسبياً وماطر ، ومرور سنة دون حدوث أمطار في هذا الشهر لا يبدل من حالته المناخية التي توارثها الناس أجيالاً عديدة ، غير أنه إذا ما حدثت مثل هذه الحالة الشاذة في سنوات عدة بشكل متوال أو غير متوال ــ مما يؤثر في ذلك على الظروف البيئية للمنطقة فعندئذ يكون هناك تحول في مناخ هذا الشهر .

إن حالة الجو الوقتية ــ أي الطقس ــ هي عبارة عن صورة في شريط سينمائي ، لا تستمر على حالها بنفس الوتيرة ــ كمشهد ساكن ــ سوى

زمن قصير جداً ، بل يمكن القول : إن حالة الجو مختلفة من لحظة إلى أخرى ، سواء أدركنا هذا الشيء بالحواس أم لم ندركه ، إلا أن أجهزة القياس الرصدية الحساسة تبين لنا ذلك . ولما كانت تلك التقلبات في الجو لا تحدث بشكل مفاجىء ، وإنما بشكل تدريجي ــ في أغلب الأحيان ــ ، ولما كنا نشهد نوعين من تلك التقلبات ؛ إحداهما منتظمة وعلى نسق واحد ــ نشهدها في الأوقات التي تسودها حالة من الاستقرار ، ويكون المتحكم في التقلبات عامل واحد يسير على نسق واحد ــ ، والأخرى غير منتظمة ، ولا تسير في تتابع واحد ــ وإنما نجد العديد من الأحوال الجوية التي تتعاقب وراء بعضها ، دون نسق واضح لها ، كما يحدث في الأجواء المضطربة غير المستقرة في طقس المنخفضات الجوية الجبهية ــ ، لذا كان من الضروري البحث عن مسببات التقلبات الجوية بمختلف أشكالها .

ما سبب التقلبات الجوية

يعود اختلاف الطقس من ساعة لأخرى ، ومن يوم لآخر ، ومن مكان لمكان ، إلى مجموعة من العوامل التي يبرز تأثير أحدها بشكل متميز ، أو تأثير عدد منها معاً ، وهذه العوامل هي الآتية :

١ ــ الموقع الفلكي ؛ والمقصود به درجة العرض التي يقع عليها المكان ، والذي يحدد كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى السطح ، من خلال تحديده لزاوية ورود تلك الأشعة وطول مدتها ، مع ما يترتب على ذلك من أشكال مختلفة من الطقس والمناخ .

٢ ــ البعد عن البحر والقرب منه ؛ مع الابتعاد عن البحر تنخفض رطوبة الهواء وتقل الأمطار ، وتزداد الفروق الحرارية ما بين الليل والنهار ، وبين الشتاء والصيف .

٣ ــ الارتفاع عن سطح البحر ؛ فبتزايد الارتفاع عن سطح البحر تقل كثافة الهواء ويزداد نقاؤه ، وتنخفض درجة الحرارة ، وتزداد الأمطار ــ إلى حد معين ــ ويكثر الهطول الثلجي ... إلى غير ذلك من التغيرات في الظواهر الجوية .

٤ ــ درجة تضرس سطح الأرض ؛ فالمناطق ذات السطح الرتيب ، تختلف أحوالها الجوية عن المناطق ذات السطح الكثير التضرس الذي تتعاقب فيه الوديان والحوضات مع الجبال ، فتتمثل في آن واحد أحوال جوية مختلفة في كل من الوادي ، والسفح ، والقمة ، والحوضة المتسعة المفتوحة من إحدى جوانبها ، أو تلك المغلقة .

٥ ــ معرض السطوح القارية ؛ باختلاف معرض التضريس الأرضي ، تختلف حالته الجوية . فالتضاريس التي معارضها واجهة الشمس وفي مهب الرياح ، تختلف أحوالها الجوية عن تلك التي في ظل الشمس وفي منصرف الرياح ، والأمثلة عن ذلك كثيرة ، إذ تكفي مقارنة السفوح الغربية للجبال الساحلية السورية مع سفوحها الشرقية .

٦ ــ التيارات البحرية[1]؛ والتي نجد منها نوعين ، إحداها حارة

---

(١) التيارات البحرية ؛ عبارة عن كتل من الماء تنتقل أفقياً في المحيطات بهيئة أنهر متبعة مسارات محددة .

تدفىء وترطب المناطق التي تمر بمحاذاتها ، والأخرى باردة تبرد وتقلل من أمطار المناطق التي تؤثر عليها ، وبذا تتمثل أحوال جوية مختلفة .

٧ ــ الغطاء النباتي ؛ يلطف الغطاء النباتي من درجة الحرارة ، ويزيد من رطوبة الهواء ، ويقلل من سرعة الرياح ، وهذا يعني أن الحالة الجوية تختلف في المناطق المغطاة بالنبات عن تلك القاحلة الجرداء .

٨ ــ الكتل الهوائية ؛ والتي ينجم عنها أنماط مختلفة من الحالات الجوية .

إن العوامل السابقة الذكر تعمل بدرجات قوة مختلفة ، ومتفاوتة في الأهمية ، وينتج عنها أشكالاً مختلفة من الأحوال الجوية .

ومن تلك العوامل ما يتصف بثبات التأثير وديمومة القوة ، كما في الموقع الفلكي ، والتضاريس . ومنها ما يكون بحد ذاته نتاج العوامل الثابتة ، وتأثيراته محدودة ، لكنها واضحة المعالم . والجدول التالي يبين كيف ينجم عن تفاعل العوامل الجوية أشكال مختلفة من الطقس :

العامل الجوي	العنصر الجوي	النتائج
ـ الموقع الفلكي ـ القرب من البحر والبعد عنه ـ الارتفاع ـ التضرس ـ المعرض ـ التيارات البحرية ـ النباتات ـ الكتل الهوائية ـ الإنسان	ينتج عن تفاعل تلك العوامل فيما معينة من العناصر الجوية ـ درجة الحرارة ـ الضغط الجوي والرياح ـ الرطوبة الجوية ـ التهطال	ينتج عن تفاعل العناصر الجوية مع بعض نماذج وأنواع مختلفة من الطقس

الاختلاف في لغة التعبير عن الحالة الجوية

كانت لغة التعبير عن الحالة الجوية السائدة ، هي لغة إحساس الناس بالظواهر الجوية ، ودرجة تأثيراتها ، وما تتركه من آثار ، وأبرز مثال عن ذلك المقياس الذي وضعه الأدميرال سير فرنسيس بيفورت عام ١٨٠٥ لسرعة الرياح ونوعها استناداً إلى الآثار التي تتركها كما هو موضح في الجدول التالي :

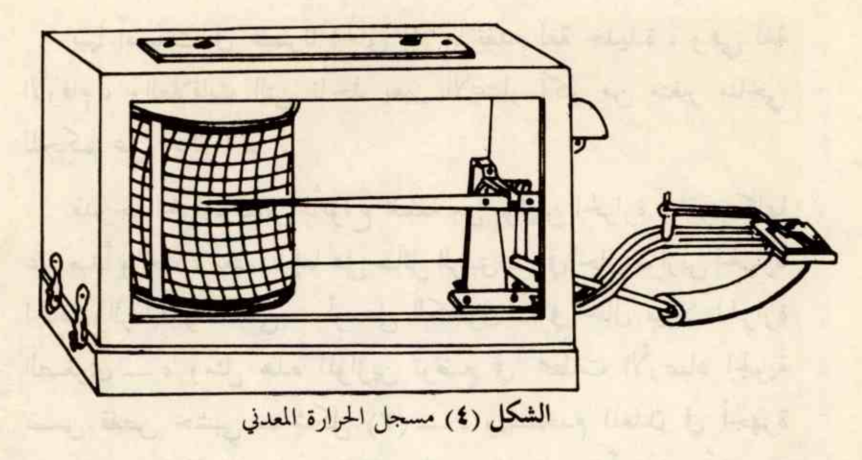
نوع الرياح	السرعة (متر/ثا)	الأثر الذي تحدثه الرياح
ساكنة	٠ ـــ ٠,٣	يرتفع دخان المداخن رأسيًا إلى أعلى .
هواء خفيف	٠,٣ ـــ ١,٤	ينحرف الدخان قليلاً فتعين حركته اتجاه الرياح .
نسيم خفيف	١,٤ ـــ ٣,٢	يشعر الإنسان بحركة الرياح على وجهه ، وتأخذ أوراق الأشجار بالتحرك .
نسيم لطيف	٣,٢ ـــ ٥,٤	تتحرك أوراق الأشجار باستمرار ، وتتحرك الرايات
نسيم معتدل	٥,٤ ـــ ٨,١	تتمايل الأغصان الصغيرة ، وتبدأ بإثارة الرمال والأتربة
نسيم نشيط	٨,١ ـــ ١٠,٨	تهتز الشجيرات وتتشكل الموجات الصغيرة على سطح مياه البحيرات .
نسيم قوي	١٠,٨ ـــ ١٤,٠	تهتز فروع الأشجار الكبيرة ، ويسمع صفير في أسلاك الهاتف ، ويصعب مسك المظلات
هوجاء معتدلة	١٤,٠ ـــ ١٧,١	تهتز الأشجار بأكملها ، ويصعب السير ضد الرياح .
هوجاء نشطة	١٧,١ ـــ ٢٠,٧	تكسر أغصان الأشجار ؛ تعذر الحركة ضد الرياح .
هوجاء قوية	٢٠,٧ ـــ ٢٤,٣	حدوث ضرر بسيط في المباني .
هوجاء كاملة	٢٤,٣ ـــ ٢٨,٤	اقتلاع الأشجار من جذورها ، حدوث أضرار في المباني .
عاصفة	٢٨,٤ ـــ ٣٣, ٧	أضرار كبيرة .
اعصار	أكثر من ٣٣,٧	دمار عام .

بينما أضيفت في عصرنا الحالي إلى ما تقدم لغة جديدة ، وهي لغة الأرقام ، والعلاقات التي تأخذ بعين الاعتبار أكثر من متغير مناخي للحكم على حالة الجو .

فدرجة الحرارة تقاس بأنواع مختلفة من موازين الحرارة ، تقوم كلها على مبدأ واحد ، معتمدة إما على سائل الزئبق ــ في حال موازين الحرارة الجافة والرطبة والعظمى ــ أو على الكحول ــ في حال ميزان الحرارة الصغرى ــ ، ومثل هذه الموازين توضع في محطات الأرصاد الجوية ضمن قفص خشبي ــ شكل (٣) ــ . ويستخدم المعدن في أجهزة تسجيل درجة الحرارة (الترموغراف) التي تعطي تسجيلاً متواصلاً لدرجة



الشكل (٣) قفص للرصد الجوي وبداخله موازين الحرارة ، ومسجل الحرارة ، والرطوبة النسبية



الشكل (٤) مسجل الحرارة المعدني

الحرارة على مخطط ورقي ـــ شكل (٤) ـــ . ويعبر عن درجة الحرارة إما بالوحدة السيلسيوسية (م°) ، أو بالوحدة الفهرنهيتية (ف°) .

أما قيمة الضغط الجوي فتقاس ، إما باستخدام أجهزة قياس عينية ، وهي على نوعين ، إما زئبقية أو معدنية ـــ شكل (٥) ـــ ، أو باستخدام أجهزة مسجلة (باروغراف) تقوم بقياس وتسجيل قيمة الضغط الجوي بشكل مستمر على مخطط ورقي ـــ شكل (٦) ـــ . ويعبر عن قيمة الضغط الجوي ، إما بواحدة المليبار[١] ، أو بواحدة السنتيمتر ، أو البوصة . وتبلغ قيمة الضغط القياسية المتوسطة عند مستوى سطح البحر ١٠١٣,٢ مليبار ، أو ما يعادلها من السنتيمترات (٧٦ سم) والبوصات (٢٩,٩٢ بوصة) .

---

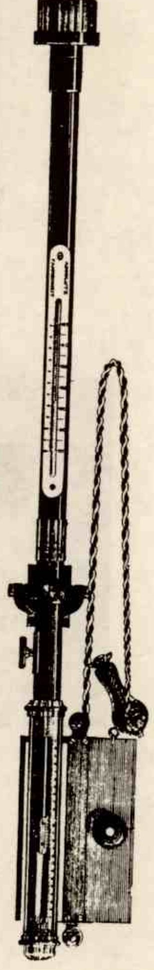
(١) المليبار : وحدة قياس الضغط الجوي ، ويساوي ، قوة ألف دينة على السنتيمتر المربع الواحد .

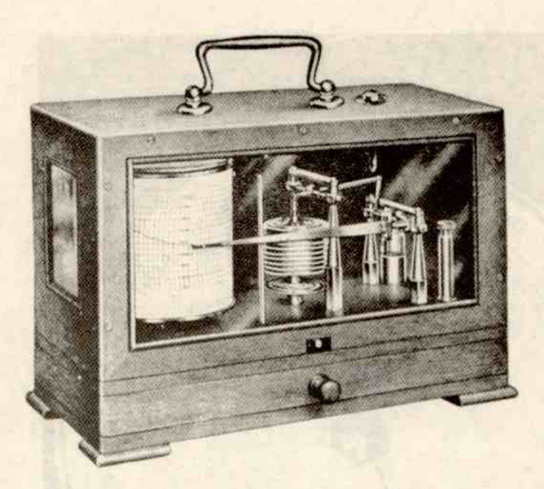
ب ـــ المعدني

الشكل (٥)

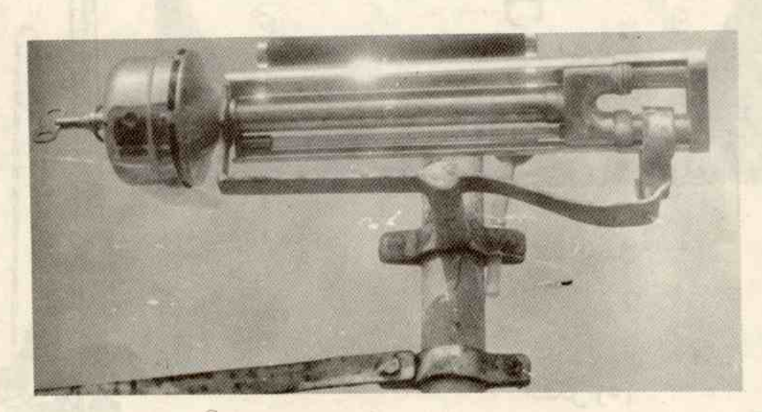
مقياس الضغط الجوي (الزئبقي والمعدني)

أ ـــ الزئبقي





الشكل (٦) مسجل الضغط الجوي

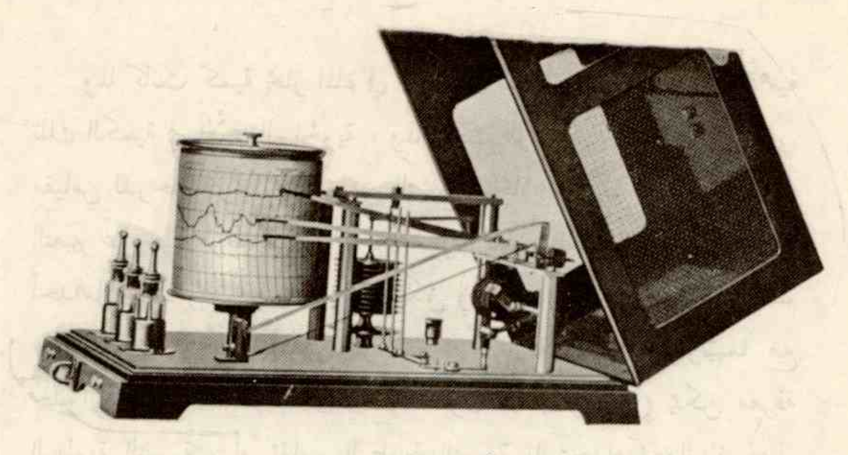


الشكل (٧)
مقياس الرطوبة النسبية
(البسيكرومتر)
« نموذج إسمان »

ولما كانت كمية بخار الماء في الجو مقياساً لدرجة رطوبته ، ولأهمية تلك الكمية في الأحوال الجوية ، ولما كانت الرطوبة النسبية ــ التي هي مقياس لدرجة اقتراب الهواء من التشبع ببخار الماء ــ الأكثر أهمية في التعبير عن حالة الرطوبة في الجو ، لذا فإنها تقاس باستخدام ميزاني حرارة أحدهما جاف والآخر رطب ــ شكل (٧) ــ وهما ما يعرفا معاً باسم « الهيجرومتر ، أو البسيكرومتر » ومن مقارنة قيمتي حرارتيهما مع جدول حساب الرطوبة النسبية (جدول البسيكرومتر) يمكن معرفة الرطوبة النسبية ، أو تقاس الرطوبة النسبية باستخدام جهاز تسجيل الرطوبة (الهيجروغراف) الذي يعطي قياساً وتسجيلاً متواصلاً للرطوبة النسبية ــ شكل (٨) ــ .



الشكل (٨) مسجل الرطوبة النسبية

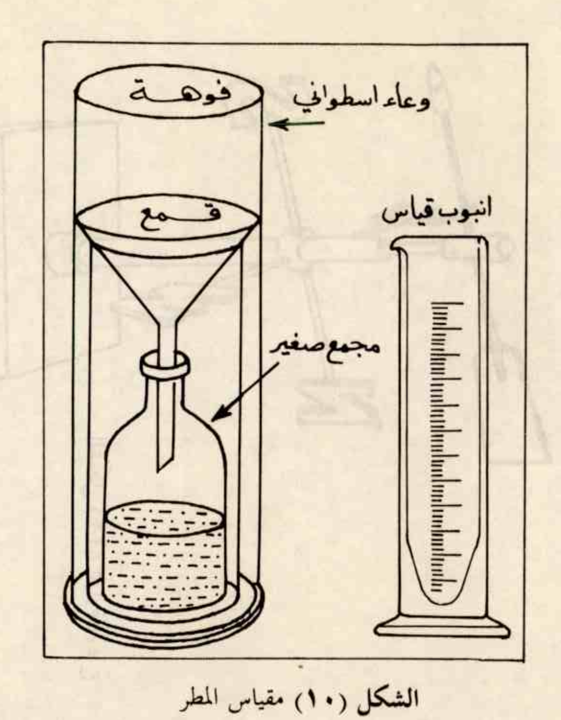


الشكل (٩) الميتوغراف

وهناك أجهزة تسجيل وظيفتها قياس وتسجيل قيم كل من الضغط والحرارة والرطوبة النسبية في آن واحد وعلى مخطط واحد ، وتعرف تلك الأجهزة ــ بالميتوغراف ــ ، وهي أجهزة مركبة تحوي في داخلها على العناصر الفعالة في القياس والتسجيل لكل من العناصر السابقة الذكر ــ شكل (٩) ــ .

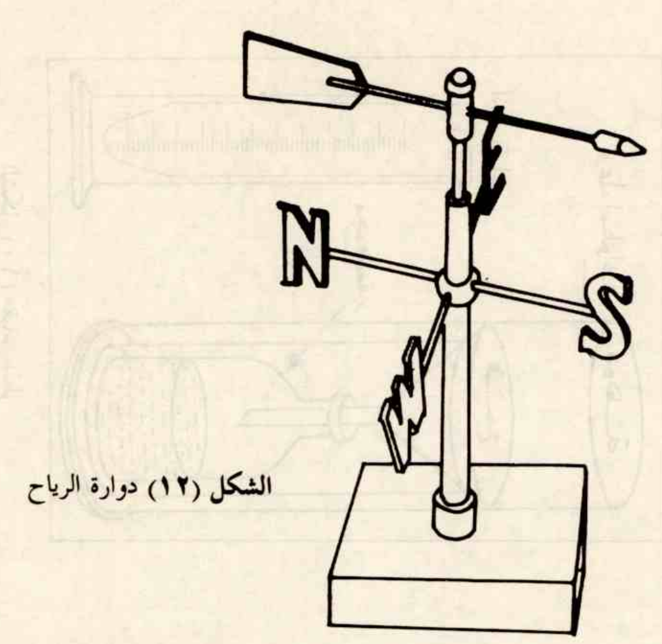
ويتم قياس كمية الأمطار الهاطلة ، إما باستخدام أوعية تجميع أسطوانية للأمطار ، يتم معرفة مقدارها بواسطة أنبوب مدرج تسكب فيه ــ شكل (١٠) ــ ، أو باستخدام أجهزة تسجيل (هيتوغرافات) ، أشهرها النموذج ذو الفواشة ــ شكل (١١) ــ .

ولعل أبسط الأجهزة المستخدمة في قياس اتجاه الرياح هي دوارة الرياح ــ شكل (١٢) ــ ، ويوجد منها عدة أنواع . وهناك نماذج عدة أيضاً من أجهزة قياس سرعة الرياح التي تقوم على مبدأ دوران عدة فناجين

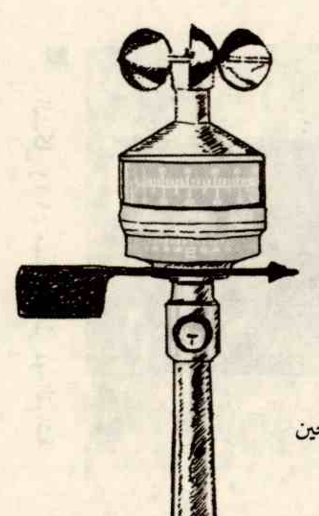


الشكل (١٠) مقياس المطر

الشكل (١١) مسجل المطر ذو الفواشة

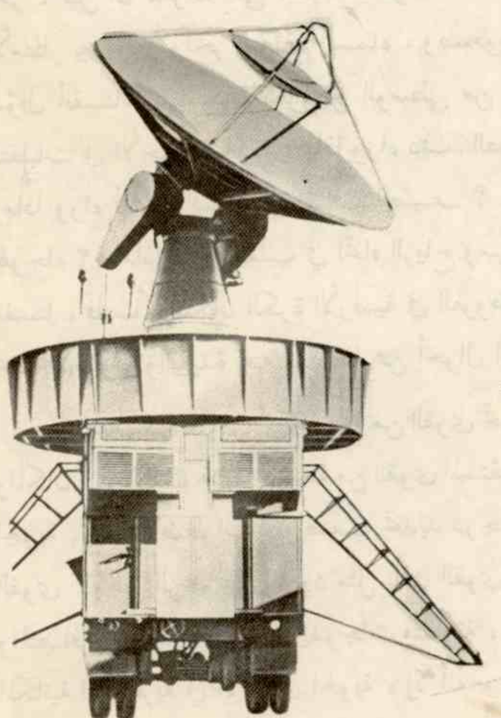


الشكل (١٢) دوارة الرياح



الشكل (١٣) مقياس سرعة الرياح ذو الفناجين

درجة الحرارة نفسها ، ولكن الرطوبة الجوية منخفضة (دون ٥٠ ٪) .
وعند درجة حرارة معينة (صفر درجة مئوية وما دون) يكون الإحساس ببرودة الجو أشد عند وجود الرياح منه في حال غيابها . وكلما اشتدت سرعة الرياح ازداد تأثيرها في الإحساس بالبرودة ، إذ أنه من الممكن تحمل الدرجات الحرارية المنخفضة (دون الصفر درجة مئوية) في الجو الهادئ ، لكنها تؤدي إلى الهلاك في الجو العاصف ــ ، لذا فقد صيغت العديد من العلاقات المركبة لتعبر عن ذلك .



الشكل (١٦) جهاز الرادار

الفصل الثالث

ماذا وراء التقلبات الجوية

قبل أن نستعرض التقلبات الجوية ـ مفصلة ومجملة ـ ، أو بمعنى آخر ، قبل أن نتعرف على تذبذبات درجات الحرارة ، واختلاف كمية الأمطار بين حين وآخر ، وتغيم السماء ، وصحوها ... إلخ . لا بد من سؤال أنفسنا نحن سكان العروض الوسطى من الكرة الأرضية عن سر التقلبات في الأحوال الجوية . ماذا وراء دفء الصيف وبرودة الشتاء ؟ ، وماذا وراء أمطار الشتاء وجفاف الصيف ؟ . ماذا وراء العواصف الهوجاء ؟ . ماذا وراء التقلب في اتجاه الرياح وسرعتها ؟ . وإن نحن سألنا أنفسنا ، فلنسأل سكان الكرة الأرضية في العروض المختلفة ـ القريبة من خط الاستواء والبعيدة عنه ـ ماذا عن أحوال الجو وتقلباته عندهم ؟ .

هل هناك قوة ما ... أو مجموعة من القوى تحرك الجو وتبدله في الزمان والمكان . لو كانت هناك مجموعة من القوى المستقلة تعمل في خلق الأحوال الجوية ، لعم الاضطراب ، ولصعب تحديد درجة فعالية كل قوة من تلك القوى . وعلى الرغم من وجود مثل تلك القوى غير المستقلة (المتضامنة والمتضافرة سوية) التي تعمل بدرجات متفاوتة ، والتي تعزى إليها التباينات المكانية الأصغرية في الأحوال الجوية ، إلا أنه يوجد وراء كل ما يجري في

الجو قوة تخلق غيرها من القوى وتمنحها الفعالية والنشاط والتأثير لتمارس دورها في خلق أنماط مختلفة من الحالات الجوية المترددة على مكان ما خلال أوقات زمنية معينة .

إنها الشمس ، تلك القوة العظيمة التي تعود إليها كافة الظواهر الجوية وتبدلاتها ، والتي منحت لابنتها المدللة « الأرض » كل أسباب الحياة ، محددة مسارها ومحور دورانها ، وما ترتب على ذلك من انحراف في وجهة الرياح ، وسائر المتحركات فوق سطح الأرض والمسطحات المائية . فالشمس ، هي مصدر النشاط والحركة في جونا ، والأساس في التشكيلات المختلفة لسطح أرضنا .

الشمس .. والتقلبات الجوية

إن شمسنا ليست سوى نجم من نجوم السماء ، نراها واضحة لأنها أقرب النجوم إلينا . ومما لاشك فيه أن حياتنا وحياة الكائنات الحية الأرضية كافة تعتمد عليها ، فلو ماتت الشمس لانتهت الحياة على سطح الأرض .

الشمس المصدر الوحيد لحرارة جو الأرض ، وإذا كانت الأرض تشترك في تسخين جوها ، فمساهمة الأرض في التسخين لا تعدو أن تكون مساهمة غير مباشرة . فسطح الأرض المتسخن بالإشعاع الشمسي الوارد إليه ، يقوم بإشعاع حرارته نحو الجو ليساهم بتسخينه .

والشمس[1] نجم قطره أكبر من قطر كوكب الأرض بحوالي ١٠٠٠ مرة .

---

(١) نصف قطر الشمس = ٦٩٦,٠٠٠ كم .

وهي عبارة عن كتلة ملتهبة من الغازات ـــ يغلب عليها غــازي الهليــوم والهيدروجين ـــ تزيد درجة حرارة سطحها عن ٦٠٠٠° م ، في حين تصل حرارة المركز إلى حوالي ٢٠ مليون درجة مئوية ، وبفعل هذا الفرن الحراري الشديد (المركز) تحدث عمليات اندماج نووي للهيدروجين ليتشكل بفعلها غاز الهليوم . ولما كانت كتلة غاز الهليوم الناتجة عن تفاعل ذرات الهيدروجين الأربعة ، أقل من مجموع كتلة ذرات الهيدروجين الأربعة (كتلـــة ذرة الهليـــوم = ٤,٠٠٣ ، وكتلـــة ذرات الهيـــدروجين الأربعــة = ٤ × ١,٠٠٨ = ٤,٠٣٢ ، وفــارق الكتلــة مقـــداره ٠,٠٢٩) . ولا بد لفارق الكتلة هذا من أن يتحطم مؤدياً إلى حدوث انفجار نووي متحولاً إلى طاقة هائلة تبعث خارجاً ، ويمكن حساب كمية الطاقة المتولدة من علاقة إينشتاين المشهورة :

قد = Δ ك × سر^{2}

تمثل : قد = الطاقة المتولدة

ك = الكتلة

سر^{2} = مربع سرعة الضوء

وعلى هذا تكون الطاقة المرتبطة بالكتلة السابقة (Δ ك) هي :

قد = ٠,٠٢٩٢ × ٩٣١,٤٧٨ = ٢٧,٢ مليون إلكترون فولط

وهذه الطاقة المتولدة في داخل الشمس تشق طريقها إلى سطحها لتنتشر في الفضاء بصورة إشعاعات مختلفة (مرئية وحرارية) منتقلة بسرعة تعادل

٣٠٠ ألف كم/ ثا . وهذا يعني أن الأشعة المنطلقة من الشمس تتطلب زمناً مقداره ٨,٣ دقيقة حتى تصل إلى سطح الأرض . وإذا كان متوسط ما يشعه السنتيمتر المربع الواحد من سطح الشمس عند درجة حرارتها المتوسطة في الدقيقة الواحدة بحدود ١٠٠ حريرة ، فإن ما يصل من تلك الكمية إلى سقف الغلاف الجوي لا يزيد عن ٢ حريرة (١,٩٦ حريرة) / سم٢ / دقيقة ــ وتعرف هذه القيمة باسم الثابت الشمسي ــ .

وإذا كانت الأشعة المرئية ذات الطول الموجي ٠,٣٥ ــــ ٠,٧٥ ميكرون تشغل قرابة ٤١٪ من الطيف الشمسي مانحة إيانا النور الذي نهتدي به[1] ، فإن الأشعة الحرارية غير المرئية (الحمراء وتحت الحمراء) ذات الطول الموجي ٠,٧٥ ــ ١٠٠ ميكرون تشغل قرابة ٥٠٪ من الطيف الشمسي ، هي مصدر دفئنا وحرارة جونا الأرضي ، وما تبقى من طيف الإشعاع الشمسي تتقاسمه الأشعة فوق البنفسجية . وأشعة غاما ، والأشعة السينية (×) .

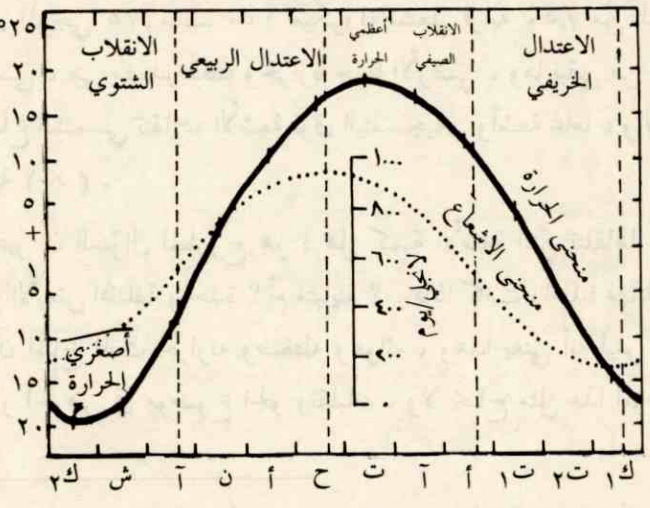
غير أن السؤال المطروح هو ؛ هل كمية الأشعة التي تتلقاها أجزاء سطح الأرض المختلفة واحدة ؟ أم متباينة ؟ . فإذا كانت واحدة فهذا دليل على أن المناخ ثابت بحرارته وضغطه وهوائه ، وهذا يعني أنه ليس هناك ما يبرر الخوض في موضوع الجو وتقلباته ، ولا يحتاج مثل هذا الموضوع

---

(١) الطيف الشمسي ؛ مجموع الأشعة ذات الموجات المختلفة الأطوال التي تشعها الشمس .

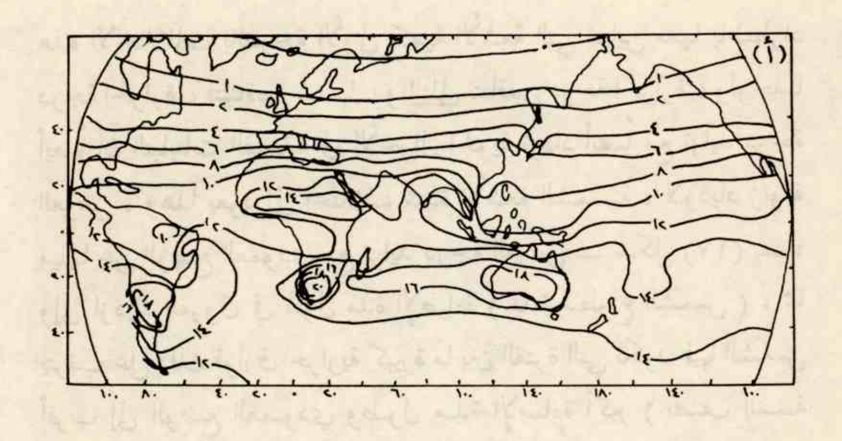
سوى لبضعة سطور كي تتكشف الأمور بوضوح . غير أن الأمر يخالف ذلك ، إذ أنه لكون الأرض تدور حول الشمس ، ولكون ميل محور الأرض على مستوى دورانها حول الشمس يبلغ ٢٣° و٢٧َ ، وبما أن الشمس في حركتها الظاهرية حول الأرض لا تتجاوز خطي عرض ٢٣° و٢٧َ شمال خط الاستواء وجنوبه . لذا فإن شدة الإشعاع الواصل وكميته تختلف من جزء إلى آخر من سطح الأرض . ويشتد التباين خارج المدى العرضي ٢٣° و ٢٧َ شمالي خط الاستواء وجنوبه .

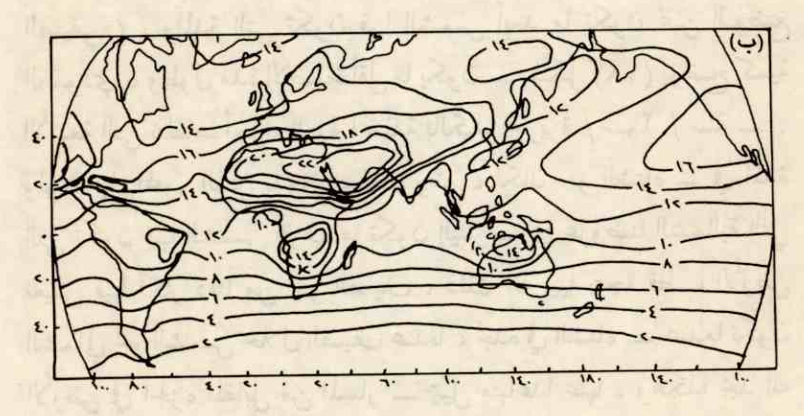
وإذا ما اتخذنا خط الاستواء الذي ينصف الكرة الأرضية إلى نصفين شمالي وجنوبي نقطة انطلاق ، واتجهنا شمالاً ناحية القطب الشمالي أو جنوباً ناحية القطب الجنوبي لوجدنا أن الأحوال الجوية تختلف ، ولتبين لنا أن وراء



الشكل (١٧) اختلاف شدة الاشعاع الشمسي مع اختلاف زاوية ميلها

هذه الاختلافات بالدرجة الأولى كمية الأشعة التي تتباين معها باضطراد درجة الحرارة ، فتتناقص شدتها ، وبالتالي تتناقص درجة الحرارة ، ولوجدنا أيضاً أن التباينات الفصلية في الأحوال الجوية تزداد أيضاً مع تزايد درجة العرض . وهذا يعود إلى اختلاف شدة الأشعة الشمسية ، لازدياد زاوية ميلها عن الوضع العمودي مع تزايد درجة العرض ـــ شكل (١٧) ـــ ، وإلى ازدياد الفروق في طول مدة الإضاءة (مدة سطوع الشمس) ، مما يترتب على ذلك فوارق حرارية كبيرة ما بين الفترة التي تكون فيها الشمس أقرب إلى الوضع العمودي وطول مدة الإضاءة أكبر (نصف السنة الصيفي) ، والمدة التي تكون فيها الشمس أبعد ما تكون عن الوضع العمودي ، وطول مدة الإضاءة أقل ما يكون ـــ شكل (١٨) يوضح كمية الأشعة التي تتلقاها أجزاء العالم المختلفة بالكيلو حريرة / سم^{٢} / سنة ـــ . ولولا ميل المحور الذي تدور حوله الأرض ، لكان جو الشتاء ـــ في المدة التي تكون فيها الشمس أقرب ما تكون إلينا ـــ في عروضنا الشمالية التي نعيش فيها أكثر دفئاً من جو الصيف ، ذلك أنه بينما يتجه قطب الأرض الشمالي نحو الشمس خلال الصيف عندنا ، نجده في الشتاء ـــ عندما تكون الأرض في الجزء المقابل من المسار ـــ يميل متباعداً عنها . وهكذا نجد أنه بالرغم من وجودنا على مسافة كبيرة نسبياً من الشمس خلال الصيف ، فإن أشعتها المباشرة تسقط فوق الرؤوس بشدة . أما في فصل الشتاء ، فتصلنا هذه الأشعة مائلة فلا تحدث من الأثر والتسخين ما تحدثه أشعة الصيف الأقرب إلى التعامد . أما في الربيع والخريف فلا يتجه أي قطب من قطبي الأرض ـــ أو طرفي محور الدوران ـــ نحو الشمس أو بعيداً عنها ،





الشكل (١٨) كمية الأشعة الشمسية (كيلو حريرة/سم٢/شهر) التي تتلقاها أجزاء سطح الأرض مختلفة في شهري كانون الأول (أ) وحزيران

ولكنهما يميلان إلى جنب ، وبذلك نحصل على كميات من الطاقة الشمسية أكبر من تلك التي نحصل عليها خلال الشتاء ، وأقل مما نحصل عليها في الصيف . وهذا هو أساس اعتدال الجو عموماً في فصلي الربيع والخريف .

وإذا كان اليوم ينقسم إلى ليل ونهار ، مع ما بينهما من تناقض صارخ في الأحوال الجوية يعود بالدرجة الأولى إلى سطوع الشمس ــ ولو نظرياً ــ في ساعات النهار ، وغيابها في ساعات الليل ، مع كسب إشعاعي وحراري وتسخين في النهار ، وفقد اشعاعي وحراري وتبرد في الليل . إلا أن منحنى سير الحالة الجوية ليس واحداً لا في ساعات النهار ولا في ساعات الليل . فمنذ الشروق وحتى الغروب ، تمر الشمس عبر السماء بأوضاع تقترب من العمود أكثر فأكثر كلما قرب النهار على الانتصاف ، وتقصر مع ذلك المسافة التي تقطعها أشعة الشمس في الغلاف الغازي ــ الذي يمتص معظم الحرارة الشمسية لما يحويه من غازات وعناصر غريبة ــ وتزداد الحرارة الواصلة إلى الأرض شدة كلما قطعت أشعة الشمس مسافة أقصر في هذا الغلاف الغازي، وهذا يعني زيادة في كمية وشدة الأشعة الساقطة، وبعد منتصف النهار تميل ثانية وتتناقص الحرارة، وهكذا يزداد الدفء مع علو الشمس في كبد السماء. وقبل مغيب الشمس بعدة ساعات (منذ حوالي الساعة الخامسة عشرة تقريباً) ، يقل الكسب الإشعاعي الحراري الشمسي قياساً بالفاقد الحراري الإشعاعي الأرضي نحو الفضاء ، والذي يتعاظم مع حلول الليل ، وهذا يعني مزيداً من التبرد مع تقدم الليل ليبلغ أشده عند لحظة شروق الشمس .

وقد يتساءل أحدنا ، لماذا نشعر بالحرارة أكثر ارتفاعاً حوالي الساعة الرابعة عشرة أو الخامسة عشرة بدلاً من الساعة الثانية عشرة عندما تكون الشمس في وضع عمودي ــ أو أقرب ما يكون إلى العمودي ــ ؟ . والجواب ، أن حرارة الجو القريب من سطح الأرض هي محصلة لفعل كل من الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي . فما دام الإشعاع الشمسي أكبر من الإشعاع الأرضي ، فمعنى ذلك هناك استمرار في التسخن ، ويستمر هذا الوضع منذ شروق الشمس وحتى بعد الظهيرة بساعتين أو ثلاث ، حين تتعادل عندها كمية الأشعة الشمسية الواردة ، مع كمية الأشعة الأرضية الصادرة ، لتميل الكفة بعد ذلك لصالح الأشعة الأرضية التي يزداد إصدارها نحو الفضاء مؤدية إلى مزيد من التبرد الذي يكون بطيئاً ما دامت الشمس ساطعة ، ليأخذ منحنى التبريد بالتزايد ليلاً عندما ينقطع مصدر الكسب الأساسي .

وأي مسافر من منطقة داخلية قارية المناخ في فصل الصيف أم في الشتاء إلى منطقة ساحلية بحرية سيجد اختلافاً في الحالة الجوية ، حيث يعيش جواً دافئاً في الليل ومعتدل البرودة نهاراً في الشتاء ، وفي الصيف يعيش أيضاً جواً أكثر دفئاً في الليل من الداخل ، ولكنه أكثر برداً في النهار من الداخل ، رغم وقوع المنطقتين الداخلية والبحرية على خط عرض واحد ــ أي رغم تلقي كل منهما نفس الكمية الإشعاعية ــ . ومما لا شك فيه ، فإن الأمر هنا يتعلق بالدرجة الأولى بمدى وفرة بخار الماء في الجو ، إذ تعمل وفرته في المنطقة الساحلية على جعل ليالي الشتاء والصيف أكثر دفئاً مما في الداخل ،

والنهار أقل حرارة في الصيف وأكثر في الشتاء . فبخار الماء يشبه في تأثيره البيوت البلاستيكية التي تستخدم في أيامنا الحاضرة كمنظمات حرارية شمسية تخلق في داخلها أجواء محلية مغايرة للجو الخارجي . غير أن كون النهار أقل حرارة فهذا يعود أيضاً إلى ضياع كمية من الطاقة الشمسية الواردة في عملية التبخير من السطوح الرطبة ، والغطاء النباتي الوفير في المنطقة الساحلية .

وعندما نتحدث عن الأشعة الواصلة إلى سطح الأرض ، فإن حديثنا يشمل مجمل الواصل سواء بشكل مباشر أو غير مباشر . لأن الأشعة الشمسية بعد دخولها الغلاف الجوي متجهة نحو السطح تتعرض للتناقص ، وتختلف نسبة النقص باختلاف كمية الملوثات الجوية ، ونسبة بخار الماء في الجو ، وما إذا كانت السماء ملبدة بالغيوم أو خالية منها ، ونوعية تلك الغيوم إن وجدت . كما أنه في الأحوال الاعتيادية فإن مركبات الجو النقي تقوم بالتأثير على الأشعة الشمسية عن طريق امتصاصها لبعض منها ؛ كما هو الحال في غاز الأوزون الذي يمتص الجزء الأكبر من الأشعة فوق البنفسجية ضمن الحزمة من ٠,٢ إلى ٠,٣٢ ميكرون ، كما يمتص الأوكسجين الذري في الأجزاء العليا من الجو جزءاً من الأشعة فوق البنفسجية في حزمة تمتد من ٠,١٧ إلى ٠,٢ ميكرون .

ومما لا شك فيه ، فإن بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون من أكثر المركبات الموجودة في الجو أهمية لتأثيرهما على درجة الحرارة ، إذ أن كلاً منهما له خاصية امتصاص جزء من الأشعة الشمسية تحت الحمراء والأشعة

الأرضية . ليس هذا فحسب ، بل تقوم مركبات الجو الصغيرة الحجم ــ التي أقطارها أقل من أطوال الموجات الإشعاعية المصطدمة بها ــ ببعثرة الأشعة في اتجاهات مختلفة لتصل إلى سطح الأرض بصورة غير مباشرة . كما وتقوم مركبات الجو الكبيرة ، وخاصة الغيوم ــ إن وجدت ــ بعكس نسبة من الأشعة تجاه الفضاء الخارجي . إن هذا كله يجعل قرابة نصف كمية الأشعة الواصلة إلى سقف الغلاف الجوي لا تصل إلى سطح الأرض ، وإنما تنعكس إلى الفضاء أو تشع إلى الفضاء بواسطة المركبات التي امتصت بعضاً منها .

هذا وتلعب درجة عاكسية سطح الأرض دوراً كبيراً في جعل الأحوال الجوية مختلفة ما بين قطاعاته العرضانية المختلفة ، وحتى داخل تلك القطاعات المختلفة في غطائها النباتي ، وتربتها ... إلخ . فتزداد العاكسية ــ بوجه عام ــ مع تزايد درجة العرض لارتباط ذلك بشدة ميل الأشعة ، فكلما ازدادت زاوية الورود عظُمت درجة العاكسية . ولطبيعة السطح أثر كبير في العاكسية ، فالسطوح المغطاة بالثلوج ذات عاكسية كبيرة جداً ، لذا نجد أن نسبة الأشعة المستغلة في التسخين وإذابة الثلج محددة قياساً بما يتعرض إليه سطح نظيف من الثلج ، وعار من النبات . هذا كله يؤدي إلى أجواء مختلفة الحرارة ، مع ما لذلك من تأثيرات أخرى على ظواهر الجو المختلفة .

أيضاً ، فإن اليابس والماء ، ومن ثم الهواء الملاصق لهما ، لا يتم تسخينهما ولا تبريدهما بمعدل واحد . فسطح اليابس يبرد ويسخن بسرعة

بفعل عاملي التبريد والتسخين الإشعاعي . أما الماء فعلى العكس من ذلك ، يبرد ويسخن ببطء . ومعنى ذلك أن الشمس عندما ترسل أشعتها إلى سطح الأرض ترفع حرارة اليابس بمعدل أكبر من رفعها لحرارة الأسطح المائية وبذا يصبح الهواء الذي يعلو اليابس أسخن من هواء البحر في النهار ، وأبرد منه في الليل .

المظاهر الأرضية

إذا ما اتجه أحدنا منطلقاً من أرض مرتفعة إلى أرض منخفضة في يوم من أيام الصيف الصحوة ، لشعر بالدفء المتزايد ، ولوجد نفسه في منطقة وكأنها مقطوعة عن العالم الخارجي هوائها ساكن ، وحرارتها مرتفعة . لذا سرعان ما يتلمس العودة من حيث أتى ، إلى الحرارة الأخفض والرطوبة الجوية الأوفر، والهواء الأعذب . وفي الليل فإن الأمر مشابه لذلك ، لا لدفء المنطقة المنخفضة (حوضة ، أو وادٍ) وإنما لإحساس المرء عند المرتفع بهواء متحرك ينشطه ويجعله يحس باعتدال الحرارة . أما في الوادي ــ أو الحوضة المغلقة ــ ، فلقصر الليل في العروض الوسطى والعليا الذي لا يزيد عن عشر ساعات ، فإن ظاهرة الانقلاب الحراري لا تتمثل بشكل واضح ، بل يبقى المرء يشعر بثقل الحرارة المتوارثة عن النهار التي لم يستطع إشعاع الأرض لها ليلاً من التخفيف منها إلى الدرجة المقبولة ، خاصة إذا كان الجو ساكناً لا حراك لهوائه . غير أن الوضع في فصل الشتاء يكون أشد حدة من الصيف ، فالمرتفعات تكون شديدة

البرودة أثناء النهار ، والمناطق المنخفضة تكون دافئة . في حين تصبح المناطق المنخفضة المنغلقة نسبياً شديدة البرودة في الليل ، وتكون المناطق الأكثر ارتفاعاً المشرفة عليها أدفأ نسبياً .

كما يمكننا أن نشعر بالاختلاف في الحالة الجوية ، إذ ما سرنا متجهين من منطقة عارية جرداء إلى منطقة تجللها النباتات الخضراء والأشجار الوارفة الظلال ، فننتقل صيفاً من منطقة شديدة التطرف في حرارتها (نهار شديد الحرارة ، وليل منخفض الحرارة) إلى منطقة معتدلة الحرارة ، وفيرة الرطوبة ، عليلة الهواء .

ولماذا يهرب أحدنا في يوم قائظ إلى ضفة نهر أو شاطىء بحر أو بحيرة ؟ . أليس السبب هو محاولة الاستمتاع باعتدال الجو وهواء البحر اللطيف .

لماذا يفكر الناس في الهرب من المدينة في فصل الصيف القائظ باتجاه المناطق الريفية ؟ . هل هرباً من ضجيج المدينة وزحام الحياة ... إلى حيث الهدوء والراحة ؟ أم أن هناك سبباً آخر وراء ذلك ؟ . بالطبع هناك سبب آخر ، هو الحالة الجوية المتصفة بارتفاع الحرارة ووساخة الهواء في المدينة ، بينما تكون الحرارة أقل ارتفاعاً في الريف ، والهواء أكثر نقاءً بما لا يقارن .

عندما ننتقل من منطقة عارية جرداء ذات تربة قاتمة اللون ، إلى منطقة تكلل سطحها الثلوج ، وذلك في يوم شتوي مشمس في كليهما ، هل نلحظ الحالة الجوية نفسها ، أم نجد اختلافاً واضحاً بينهما . فمما لا شك فيه أن الاختلاف واضح . والسبب في ذلك هو اختلاف طبيعة السطح فما أن يقترب المرء من ذلك السطح الثلجي حتى يرى شدة الأضواء ،

والتي يشعر كأنها تنطلق من الأرض ، دون أن يدري إن كان للأرض شأن في ذلك . وتألق الإضاءة فوق الأسطح الثلجية مرده إلى النسبة الكبيرة من الأشعة الشمسية المرتدة إلى الفضاء ، مما تكسب جوها شدة الضياء والتألق . غير أن هذا الوضع يتوافق معه جو بارد نسبياً رغم سطوع الشمس ، لأن الجزء الأكبر من الأشعة يتبدد مرتداً إلى الفضاء دون أن يكون له مساهمة في التسخن .

وشدة تسخن المناطق الصحراوية الجرداء بفعل أشعة الشمس أثناء النهار ، تجعل المرء يشعر وهو يسير في تلك المناطق بأنه يقع بين نارين ؛ الشمس بشدة سطوعها متقياً إياها بلفحة يضعها على رأسه ، والأرض بما تصدره من إشعاعات حرارية نحو الجو ، وكأنها ألهبة تنطلق بشكل جزيئات من الهواء المتسخن الصاعد نحو الأعلى ، والذي يجعلنا نحس بعظم دور ذلك في عملية التسخين للجو السفلي .

الطاقة الشمسية .. مصدر الطاقة الحركية للهواء

لن أسهب في الحديث عن حركة الهواء ، وماذا وراء تلك الحركة ، ولماذا تتخذ اتجاهات وسرعات مختلفة ، لعودتنا إلى مثل هذا الحديث فيما بعد ، وإنما سأحاول التركيز قدر المستطاع على أهمية الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض كمنبع أساسي لطاقة الهواء الحركية .

فالطاقة الإشعاعية هي المصدر الرئيسي للطاقة الحركية ، إذ ينجم عن اختلاف كمية الأشعة الواصلة إلى وحدة المساحة من سطح الأرض اختلافاً

في درجة الحرارة ــ فترتفع درجة الحرارة أكثر في المناطق الأكثر تلقياً للإشعاع ــ ، وينجم عن الفرق في التسخين الحراري الإشعاعي ، تبايناً في كثافة الهواء وقيمة الضغط الجوي ، وتتناسب كثافة الهواء وضغطه عكساً مع درجة الحرارة . غير أن قيمة الضغط تتغير حسب بقاء حجم الهواء ثابتاً ، أم متغيراً ، ومع تغير درجة الحرارة ، كما يوضح ذلك القانون العام للغازات :

ض × ح = ثا × هـ

حيث : ض = الضغط

ح = الحجم

ثا = ثابت الغاز

هـ = درجة الحرارة المطلقة

وتحت تأثير فروق الضغط يندفع الهواء من الأماكن الأكثر ضغطاً إلى الأماكن الأقل ضغطاً ، وكلما ازداد فارق التسخين ، وتباينت كثافة الهواء وضغطه أكثر اندفعت الرياح بسرعة أشد . وأبرز مثال يمكن أن يوضح لنا تحرك الهواء بفعل فارق التسخين وما ينجم عنه من فارق كثافة وضغط ، تحرك الهواء من اليابس في الليل الأبرد والأكثر ضغطاً نحو البحر الأدفأ والأقل ضغطاً ، وتحركه في النهار حركة معاكسة ــ أي من البحر الأبرد الأكثر ضغطاً إلى اليابس الأدفأ الأقل ضغطاً ــ . والهواء الذي يتحرك ليلاً من السفوح المرتفعة نحو مناطق الوديان مدفوعاً تحت تأثير ثقالته لتبرده السريع ــ معروفاً باسم نسيم الجبل ــ ، والذي يعاكسه في النهار حركة تصاعدية للهواء الذي يسخن عند قاع الوادي لازدياد حجمه وانخفاض

كثافته ـــ ويعرف باسم نسيم الوادي ـــ . وهاتان الحركتان المتعاكستان في الوادي والجبل ، لا تتحكم فيهما فوارق الضغط ، بقدر ما تتحكم فيهما الثقالة ـــ لنسيم الجبل ـــ والتمدد ـــ لنسيم الوادي ـــ . ويمكننا اعتبارهما حركتان شاقوليتان تخالفان إلى حد ما ما يحدث بالقرب من سطح الأرض من حركات هوائية أفقية .

وإذا سلمنا جدلاً أن الطاقة الشمسية هي مصدر كافة أشكال التحول في الطاقة على سطح الأرض (حرارية ، حركية ... إلخ) . فمما لا شك فيه ، أن هناك حالات لا يستهان بها على صعيد الأحوال الجوية لقطاعات أكبر من الكرة الأرضية يستدعي تفسيرها الأخذ بعين الاعتبار أموراً حركية ـــ لاسيما حركة الأرض الدورانية ـــ . ومثالنا على ذلك ، منشأ حزام الضغط المرتفع شبه المداري في العروض فوق المدارية (بين ٢٥° ـــ ٣٥° شمال خط الاستواء وجنوبه) الذي بهوائه المتحرك نحو حزام الضغط المنخفض الاستوائي من جهة ، ونحو حزام الضغط المنخفض تحت القطبي من جهة أخرى ، يلعب الدور الأكبر في منح العروض الوسطى خصائصها المناخية المتميزة بها . وإن كان توزع اليابس والماء ، واختلاف الفصلية الحرارية تجعل هذا الحزام الضغطي يتخذ شكلاً حجيرياً ، وتجعل تأثيراته متباينة ما بين نصفي السنة الشتوي والصيفي .



الفصل الرّابع

مراكز العمل الجوية ودورها في التقلبات الجوية

تعطي فوارق الضغط الجوي القوة الدافعة للهواء على الحركة بين مكان وآخر على سطح الأرض ، وبالتالي فإنها تقدم بياناً عاماً عن الحالة الجوية التي تختلف حسب الوضع الضغطي مرتفعاً كان أم منخفضاً . إذ أن أحوال الجو وتقلباته انعكاس لاختلافات الضغوط الجوية السائدة حسب مراكزها وتحركاتها . ولو لم يكن هناك ضغط مرتفع وآخر منخفض لما كان هناك هواء متحرك أفقياً . ولو افترضنا أن درجة الحرارة واحدة في مختلف أجزاء الكرة الأرضية ، لكان هذا معناه ــ نظرياً ــ أن قيمة الضغط واحدة ، ولما كان هناك هواء متحرك ، ولسيطرت عندئذ حالة جوية واحدة في كافة الأزمنة والأمكنة ، غير أن الأمر مختلف عن ذلك ، فكيف هو إذن ، وما هو دور مراكز العمل الجوية في إحداث التقلبات في الطقس ؟ .

مراكز العمل الجوي

يطلق اسم مراكز العمل الجوي على الضغوط المرتفعة والمنخفضة المتصفة بثبات نسبي ، لأنها هي المحرك لما يجري في الجو من حركات أفقية وشاقولية .

فما هو الضغط ؟ ومتى يكون الضغط مرتفعاً ؟ ومتى يكون منخفضاً ؟ .

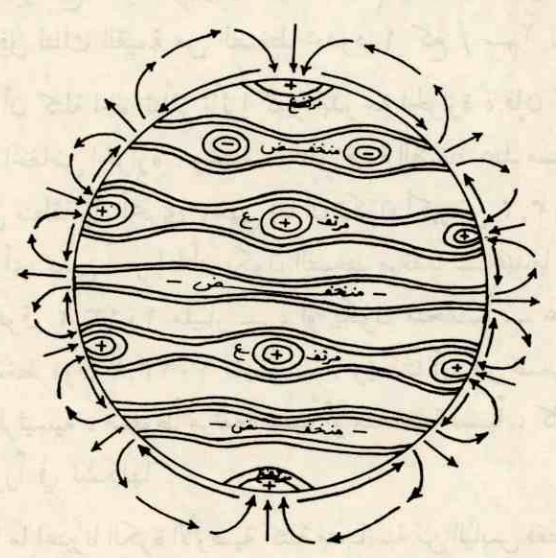
الضغط الجوي ؛ عبارة عن القوة التي يبذلها وزن الغلاف الجوي ــ أي كتلته ــ على سطح الأرض الواقع دونه . أو بمعنى آخر ، هو عبارة عن القوة التي يبذلها وزن عمود من الهواء مساحة قاعدته سنتميتر مربع واحد ممتد من سطح البحر وحتى سقف الغلاف الجوي . وتتناسب هذه القوة طرداً مع وزن عمود الهواء هذا ومع الجاذبية الأرضية . وتبلغ قيمة ضغط الهواء القياسية عند مستوى سطح البحر ١٠١٣,٢ مليبار ، وهذا ما يكافىء ارتفاع عمود الزئبق بمقدار ٧٦ سم أو ٢٩,٩٢ بوصه . ووزن الجو الموافق لتلك القيمة من الضغط بحدود ١ كغ / سم^{٢} .

وبما أن كتلة الجو تتأثر تأثراً كبيراً بدرجة الحرارة ، فإن كثافة الهواء تزداد مع انخفاض الحرارة ، وتختلف بالتالي قيمة الضغط عند مستوى سطح البحر من منطقة إلى أخرى ، فهي إما أن تكون أكبر من ١٠١٣,٢ مليبار أو أقل ، أي بمعنى آخر إما أن يكون الضغط مرتفعاً ــ عندما تكون قيمة الضغط فوق ١٠١٣,٢ مليبار ــ ، أو يكون منخفضاً ــ عندما تكون قيمة الضغط دون ١٠١٣,٢ مليبار ــ . ويمكننا أن نميز ضمن توزيعات الضغط الرئيسية ، ضغوطاً مرتفعة نسبياً أو منخفضة نسبياً ، كان للظروف المحلية دوراً في تشكلها .

وإذا ما اعتبرنا الكرة الأرضية كتلة متجانسة من اليابس فقط ، لوجدنا أن الضغوط تنتظم فوقها بشكل أحزمة ــ كما هو مبين في الشكل التالي

(١٩) ـــ ، ولتوضح لنا كيف ينطلق الهواء متحركاً من أحزمة الضغوط المرتفعة باتجاه أحزمة الضغوط المنخفضة ، ولتبين لنا أيضاً كيف تنتظم حركة الهواء في الغلاف الجوي المتغير (التروبوسفير) بشكل خلايا (حجيرات) وكيف يهبط الهواء في أعلى أحزمة الضغوط المرتفعة ، وكيف ينساح عند سطح الأرض باتجاه الضغوط المنخفضة التي يتجمع فيها ليرتفع متصاعداً ولينساح بشكل أفقي بالأعلى تجاه مناطق الهبوط في أعالي أحزمة الضغوط المرتفعة .

وتمثل قيم الضغط في خرائط الطقس التي نشاهدها على شاشة التلفزيون ، وفي غيرها من الخرائط ، بطريقة خطوط القيم المتساوية ـــ التي



الشكل (١٩) أحزمة الضغط والرياح الرئيسية في العالم فوق أرض متجانسة أشكال توزيعات الضغط الرئيسية

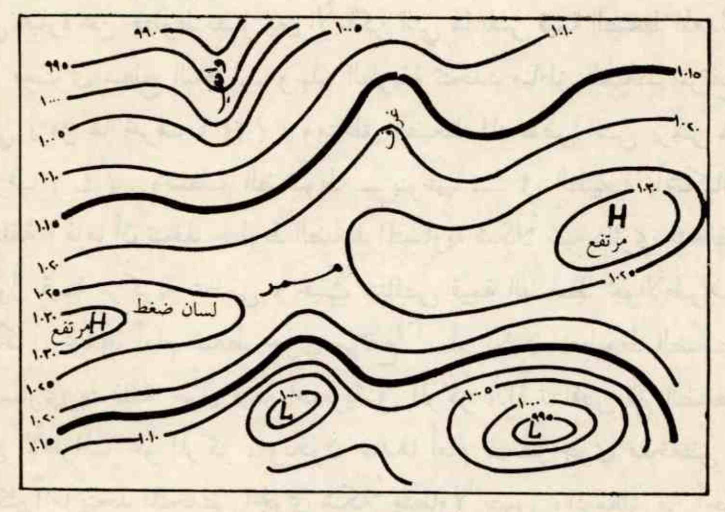
هي عبارة عن خطوط تصل بين الأماكن التي لها نفس قيمة الضغط المعدلة إلى مستوى سطح البحر ــ وبهذه الطريقة تتحدد مناطق الضغط المرتفع التي يرمز لها بحرف (H) ، ومناطق الضغط المنخفض التي يرمز لها بحرف (L) . وتنتظم الضغوط ــ بنوعيها ــ في الطبيعة بأشكال مختلفة ؛ فإما أن تتخذ خطوط الضغط المتساوية شكلاً شبه دائري متحلقة حول قيمة مركزية عظمى ، بحيث تتناقص قيمة الضغط نحوالأطراف ونكون عندها أمام ضغط جوي مرتفع[1] . أو تكون خطوط الضغط المتساوي متحلقة حول قيمة أصغرية في المركز ، اذ تتناقص قيم الضغط من الأطراف نحو المركز ، ونكون عندها أمام ضغط جوي منخفض . وكثيراً ما يتخذ المنخفض الجوي شكلاً متطاولاً بصور وادٍ مغلق من أحد طرفيه ومفتوح من الطرف الآخر على ساحة من الضغط المنخفض ، ونكون عندها أمام ما يعرف بالوادي الجوي ــ وهذا ما يتكرر حدوثه أحياناً في بلادنا ، عندما يتقدم في بعض الأحيان نحو الشمال أخدود السودان (أخدود البحر الأحمر) ليؤثر على أحداث الطقس في منطقة شرقي البحر المتوسط ــ . كما نسمع كثيراً عن امتداد ضغط مرتفع تجاه منطقة ما يشكل بروز أو لسان ــ شكل (٢٠) ــ .

كيف تتشكل الضغوط المرتفعة والمنخفضة

إن أي عامل يؤدي إلى حركة جزيئات الهواء حركة تصاعدية نحو الأعلى ، يؤدي إلى تشكل انخفاض جوي عند السطح . كما أن أي عامل

---

(١) يعرف أيضاً بالأنتيسكلون ، أو بضد الإعصار .



الشكل (٢٠) أشكال توزيعات الضغط الرئيسية

يؤدي إلى هبوط الهواء من الأعلى نحو الأسفل يكون سبباً في تشكل ارتفاع جوي عند السطح .

وبما أن حركة التصعيد للهواء الحار الخفيف تتم بإحدى طريقتين ، لذا يمكننا أن نميز بين نوعين من المنخفضات الجوية كل منهما له أهمية متميزة في الأوضاع الجوية في منطقة من مناطق العالم . النوع الأول ، هو المنخفض الحراري الناجم عن عملية التسخن الشديدة للهواء من قاعدته ، مما يتولد عن ذلك تمدد سريع له في الأسفل وانخفاض كثافته قياساً بالأجزاء العليا من الهواء ، مما ينجم عن ذلك تطبق غير طبيعي ، يضطر الهواء للحركة مرتفعاً نحو الأعلى ليحل بدلاً منه الهواء الأثقل والأبرد من الأعلى الذي

يتسخن بدوره ويصعد أيضاً نحو الأعلى ... وهكذا . وهذا ما يتولد عنه باستمرار انخفاض في كثافة الهواء في الأسفل ـــ أي تشكل انخفاض جوي ـــ ، ومثل هذا الأمر يحدث بشكل متواصل في ساعات النهار في المنطقة الاستوائية ، كما يحدث أيضاً في صيف العروض المعتدلة ، وأبرز مثال عليه المنخفض الحراري الذي يمتد صيفاً من شمال الهند عبر منطقة الشرق الأوسط والصحراء الكبرى حتى ساحل الأطلسي في المغرب العربي .

أما النوع الآخر ، فهو المنخفض الحركي (الديناميكي) الناجم عن صعود الهواء الحار بفعل اصطدامه بالهواء الأبرد منه الذي يندس تحته لكونه أثقل منه ، مما يجعل الهواء الحار يتحرك حركة تصاعدية نحو الأعلى تاركاً تخلخلاً وانخفاضاً في الكثافة في الأجزاء السفلى من الجو ، وبالتالي تشكل مركز انخفاض جوي ، ومثل هذه المنخفضات تكون في حالة تنقل مع حركة الرياح السائدة ، وتشكلها يكاد يكون محصوراً في العروض المعتدلة حيث الحركة الغربية ، وتشهد سورية في فصل الشتاء العديد من المنخفضات الحركية التي تؤثر على أحوالها الجوية .

ويعود تشكل الضغوط المرتفعة إلى سببين أيضاً ، فإما أن تتشكل بفعل انضغاط الهواء تحت تأثير قوة خفس من الأعلى ـــ كما هو الحال في الضغط المرتفع شبه المداري ـــ ومثل هذه الضغوط هي ضغوط حارة حركية (ديناميكية المنشأ) . وإما أن تتشكل بفعل التبريد الشديد للهواء مما يؤدي إلى انكماشه وتضاغطه ـــ كما هو الحال في الضغط المرتفع القطبي ، والضغوط المرتفعة التي تتشكل شتاءً فوق اليابسة ، وصيفاً فوق

البحار ـ . والضغط المرتفع السيبيري نموذج واضح لمثل هذه الضغوط المرتفعة الباردة ، والمعروفة بالضغوط المرتفعة الحرارية .

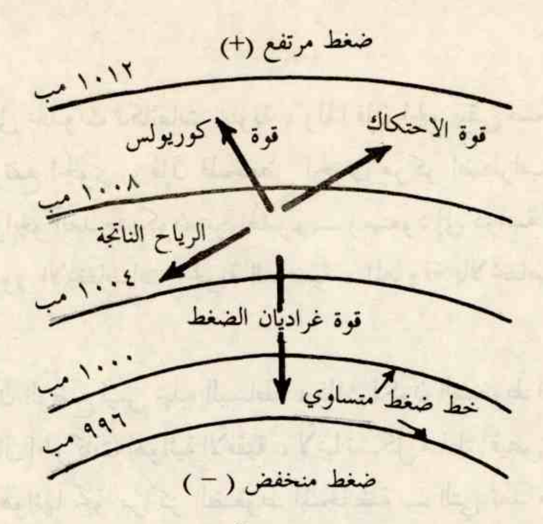
ما هي ظواهر الجو المرافقة لمراكز العمل الجوية

إن ظواهر الطقس المرافقة لكل من الضغوط المرتفعة والمنخفضة ، تحددها طبيعة الحركة الهوائية . ففي الضغوط المرتفعة تكون الحركة الهوائية هابطة ، وهذا يعني أن الهواء الهابط المتضاغط ترتفع حرارته ، وبالتالي تزداد مقدرته على حمل بخار الماء ، أي يتزايد جفافه ، والطقس المرافق لسيادة ضغط مرتفع هو طقس صحو هادىء لذا فإنه في مثل هذا الجو الصحو المرافق للضغط المرتفع يصبح العامل الإشعاعي حاسماً في إضفاء صفات معينة واضحة على الحالة الجوية ، من تسخن نهاري وتبرد ليلي ، لذا فإن الصقيع الإشعاعي يكثر حدوثه في نصف السنة الشتوي ، كما يعتبر حدوث الضباب مقترناً بسيادة ضغط مرتفع في أعقاب فترة رطبة نسبياً .

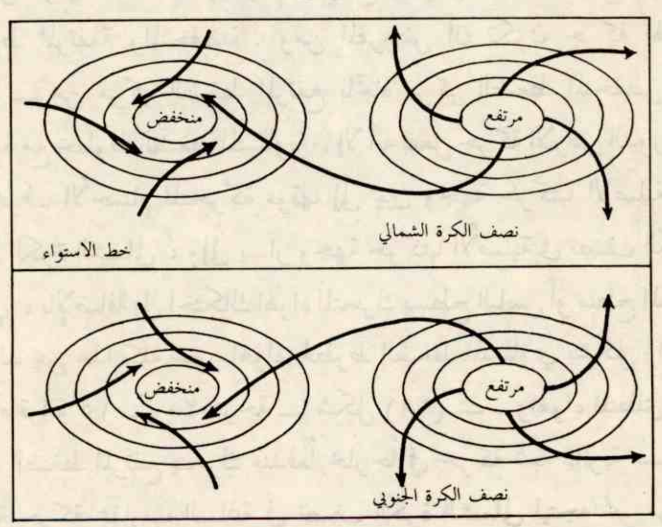
أما الضغوط المنخفضة ـ حرارية كانت أم ديناميكية ـ ، فإن الحركة الهوائية السائدة في مركزها هي حركة رأسية صاعدة للأعلى وهذا يعني أن الجو المصاحب لها يتصف بعدم استقراره ، واضطرابه لكثرة التيارات الصاعدة . وإذا ما كان الهواء المتصاعد رطباً فسيتكاثف ما به من بخار ماء في الأعالي وستتشكل الغيوم التي تؤدي في كثير من الأحيان إلى هطول أمطار وثلوج ... إلخ . غير أنه في المناطق الجافة عندما تكون خاضعة لضغوط منخفضة في أشهر الصيف الحارة ، فإن الحركة التصاعدية للهواء

لا تؤدي إلى حدوث تكاثفات علوية ، ولذا فإن الجو يبقى صحواً . وعلى عكس المرتفع الجوي ، فإن المنخفض الجوي مركز اضطراب وحركات هوائية ، والجو أبعد ما يكون عن الهدوء ــ وسنعود إلى دراسة أحوال الجو المرافقة لمرور الانخفاضات الجوية العرضية ، المعروفة بالانخفاضات الجوية الجبهية ــ .

غير أن الوضع ليس بهذه البساطة ، ذلك لكون الضغوط المرتفعة منبع كافة أشكال الحركات الهوائية الأفقية ، لأنها تشكل مناطق فيض هوائي تدفع بجزء من هوائها نحو مراكز الضغوط المنخفضة ــ التي تعد مناطق عجز وتخلخل هوائي ــ ، لذا فإن وجهة الرياح وسرعتها تحددها مواقع مراكز الضغوط المرتفعة والمنخفضة . ومن المفروض أن تكون حركة الهواء الأفقية ــ من مركز الضغط المرتفع باتجاه مركز الضغط المنخفض ــ متعامدة مع خطوط الضغط المتساوية ، إلا أنه بفعل حركة الأرض الدورانية التي تحرف الأجسام المتحركة فوقها إلى يمين وجهة حركتها الأصلية في نصف الكرة الشمالي ، وإلى يسار وجهة حركتها الأصلية في نصف الكرة الجنوبي ، بالإضافة إلى احتكاك الهواء المتحرك بسطح اليابس أو سطح الماء ، مما يتولد عن هذا كله عبور الهواء لخطوط الضغط المتساوي بشكل زاوي مقداره قرابة ١٥ ــ ٢٠ درجة ــ شكل (٢١) ــ . والهواء المنطلق من منطقة الضغط المرتفع يتحرك مندفعاً خارجاً في حركة شبه دائرية مسايرة لوجهة حركة عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي ليتجه نحو مركز الضغط المنخفض متحلقاً حوله في حركة معاكسة لحركة عقارب الساعة



الشكل (٢١) حركة الرياح عند سطح الأرض بفعل القوى المؤثرة عليها



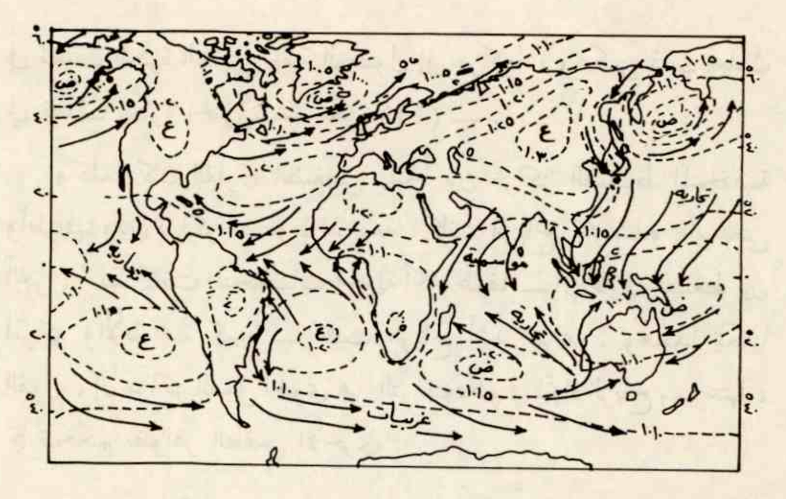
الشكل (٢٢) حركة الرياح السطحية المصاحبة لمنظومات الضغط الرئيسية في نصفي الكرة

في نصف الكرة الشمالي بغية الوصول إلى مركزه ، وعكس ذلك يحدث في نصف الكرة الجنوبي ــ شكل (٢٢) ــ .

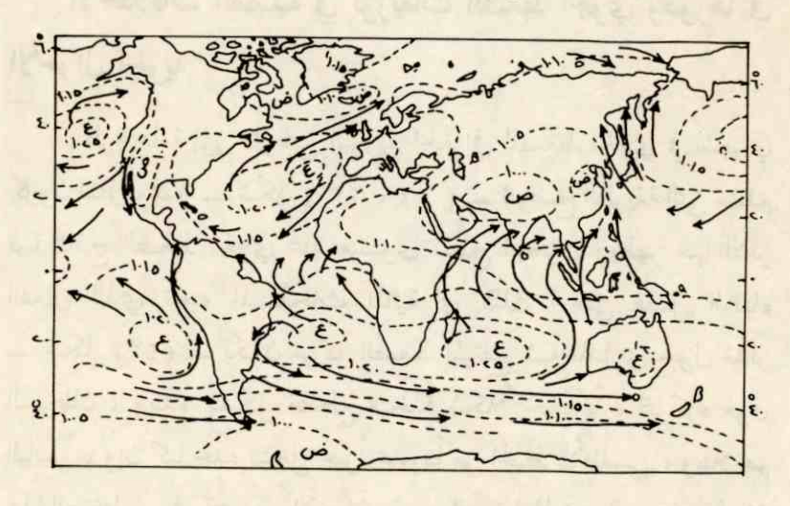
وكلما كان الفارق الضغطي كبيراً بين مراكز الضغوط المنخفضة وأطرافها وبين مراكز الضغوط المرتفعة ، كانت الرياح أكثر شدة . أو بمعنى آخر ، كلما كانت المنخفضات الجوية أكثر عمقاً ــ أي فارق الضغط بين المركز والأطراف كبيراً ــ كانت الرياح أشد سرعة . وهكذا يمكننا القول ، إن مراكز العمل الجوي هي التي تتحكم في اتجاه الرياح وسرعتها ، كما تتحكم بظواهر الطقس الأخرى .

الاختلافات الفصلية في توزيعات الضغط الجوي ودورها في الأحوال الجوية

بنظرة عامة إلى خارطتي التوزيع الجغرافي للضغط الجوي في شهري كانون الثاني وتموز ــ شكلي (٢٣ ، ٢٤) ــ تتوضح الطريقة التي تنتظم فيها نماذج الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر ، ويظهر منها الأثر الفعال الذي تلعبه المسطحات المائية في ذلك . ففي فصل الشتاء ــ شكل (٢٣) ــ يكون مركز الضغط المرتفع شبه المداري حول مدار السرطان ، ويبدو بشكل متقطع متخذاً شكلاً حجيرياً ، لتمركزه فوق اليابس ، وإن كنا نجده يشغل حيزاً محدوداً من المحيط الأطلسي ، ويتلاحم هذا الضغط ــ في كثير من الأحيان ــ مع الضغط المرتفع السيبيري ، وإن كان الهواء المنطلق من كليهما مختلف في صفاته . غير أنه كثيراً ما تتوغل



الشكل (٢٣) التوزيع الجغرافي للضغط الجوي في شهر كانون الثاني



الشكل (٢٤) التوزيع الجغرافي للضغط الجوي في شهر تموز

المنخفضات الجوية الجبهية عبر البحار الدافئة والمناطق التضريسية المنخفضة لتخلق جواً مضطرباً في الشتاء . أما في نصف الكرة الجنوبي ـــ حيث يكون الجو صيفياً في كانون الثاني ـــ فإن مناطق اليابسة تصبح مراكز ضغط منخفض ويبقى الضغط المرتفع شبه المداري متمركزاً فوق المسطحات المائية على شكل ثلاث حجيرات (حجيرة الأطلسي الجنوبي ، الهادي الجنوبي ، الهندي الجنوبي) . أما في فصل الصيف ـــ شكل (٢٤) ـــ فيتلاشى الضغط المرتفع من فوق يابس النصف الشمالي ليحل بدلاً منه ضغطان منخفضان ، أحدهما مركزه أواسط آسيا الجنوبية ، والآخر مركزه جنوبي الولايات المتحدة . بينما نجد الضغط المرتفع يتمركز فوق المحيط الأطلسي الشمالي ممثلاً في مركز آزور ، وفوق المحيط الهادي الشمالي متمثلاً في مركز هاواي . وفي نصف الكرة الجنوبي يتخذ الضغط المرتفع شبه المداري شكلاً شبه حجيرياً مع بروزه في أماكن محددة أكثر من غيرها ، وخاصة عند الأطراف الشرقية من المحيطات ، وفوق الجزء الجنوبي من القارة الأسترالية .

الضغوط المرتفعة منابع الكتل الهوائية

تشكل الضغوط المرتفعة الرئيسة منابع للكتل الهوائية المتحركة بعيداً عن مناطق منابعها . والكتلة الهوائية ، ما هي سوى جزء سميك من الهواء ، ذات خصائص متجانسة إلى حد كبير ـــ لا سيما بحرارتها ورطوبتها ـــ على مستوى أفقي ، ويزداد التجانس وضوحاً مع البعد عن سطح الأرض وتأثيراته الموضعية .

وانطلاقاً من خطوط العرض الخاصة بمنطقة المنبع ، يمكن وصف الكتلة الهوائية بالمدارية ــ بما فيها الاستوائية ــ أو القطبية ــ بما فيها المتجمدة ــ . وقد تكون الكتلة الهوائية رطبة إذا كانت منابعها بحرية ، أو جافة إذا كانت منابعها قارية . وإذا أخذنا منطقة حوض البحر المتوسط ــ كمثال ــ ، لوجدنا أنها تخضع لتأثير عدة كتل هوائية ؛ قطبية قارية ، وقطبية بحرية ، ومدارية قارية ، ومدارية بحرية . فالكتلة القطبية القارية مصدرها الضغط المرتفع الأوراسي ، أما الكتلة القطبية البحرية فمصدرها المحيط الأطلسي الشمالي ، في حين يكون مصدر الكتلة المدارية القارية الصحراء الكبرى وصحراء الجزيرة العربية ، بينما يكون ضغط آصور المرتفع مصدر الكتلة المدارية البحرية .

والجدول التالي يبين التصنيف الأساسي للكتل الهوائية ومناطق منابعها :

المجموعة الرئيسية	المجموعة الفرعية	منطقة المنبع	خصائصها في منطقة المنبع
قطبية (P) بما فيها المتجمدة(A)	قطبية بحرية (mP)	المحيطات المواجهة للقطب من خط عرض ٥٠° في نصفي الكرة	باردة رطبة وغير مستقرة
	قطبية قارية (cP)	الكتل القارية حول الدائرة القطبية الشمالية ، والقارة القطبية الجنوبية .	باردة ، جافة ، ومستقرة جداً
مدارية (T)بما فيها الاستوائية (E)	مدارية بحرية (mT)	المحيطات في المنطقة المدارية وشبه المدارية	حارة ، رطبة ، مستقرة نوعاً ما على الجانب الشرقي من المحيطات وغير مستقرة على الجانب الغربي
	مدارية قارية (cT)	العروض المنخفضة ولا سيما الصحاري ، كما في الصحراء الكبرى ، والصحراء العربية ، والصحراء الأسترالية	حارة ، جافة جداً ، ومستقرة نوعاً

وإذا كانت الضغوط المرتفعة مصدر الهواء المتحرك أفقياً على مقربة من سطح الأرض ، مهما كان حجم الهواء المتحرك ، فإن تلك الكتل تتعرض وهي في حركتها بعيداً عن مناطق منبعها إلى تغيرات في خصائصها ، مع

ما يرافق ذلك من أحوال جوية تختلف عن الأحوال السائدة في منطقة المنبع فكتلة هوائية منطلقة من الضغط المرتفع السيبيري باتجاه شرقي البحر المتوسط ، سوف تتسخن نسبياً وهي في رحلتها إلى عروض أخفض ، مما يجعل جفافها يزداد ، وتبقى مستقرة نسبياً ، لذا فإنها لا تؤدي إلى أية اضطرابات في الجو ، وجُلّ ما يرافقها طقس صحو بارد ، قد تنخفض درجة الحرارة خلاله إلى ما دون التجمد . أما إذا اندفعت نفس الكتلة الهوائية تجاه جنوب وجنوب شرقي آسيا ، لوجدنا أنها تتسخن نسبياً من قاعدتها ، ويزداد تسخنها شتاءً عندما تمر فوق مياه خليج البنغال مما يكسبها صفة عدم الاستقرار ، وهذا ما يجعلها وفيرة الرطوبة ، دافئة نسبياً وهي تصل إلى جنوب شرقي الهند مسببة في حدوث هطولات مطرية وفيرة .

تغير الضغط الجوي مع الارتفاع

نتيجة لارتباط قيمة الضغط الجوي بكثافة الهواء ، ولكون المكونات الأثقل تتركز في الأجزاء الأخفض من الجو ــ إذ يقدر أن قرابة نصف كتلة الجو تنحصر في الستة كيلومترات الأولى القريبة من السطح ــ ، لذا فإنه كلما ارتفعنا عن سطح البحر أكثر ، قل وزن عمود الهواء ، وانخفضت بالتالي كثافته ، وتدنت مع ذلك قيمة الضغط . فعند سطح البحر تكون قيمة الضغط ١٠١٣,٢ مليبار ، وكثافة الهواء ١,٢ كغ / م٣ ، في حين تبلغ قيمة الضغط عند مستوى ١٠٠٠ م فوق سطح البحر حوالي ٩٠٠ مليبار ، مع كثافة هواء مقدارها ١,١ كغ / م٣ . وتقارب قيمة الضغط الجوي

عند مستوى ارتفاع ٥٠٠٠ م نصف قيمتها عند سطح البحر (٥٤٠ مليبار تقريباً) ، حيث تكون كثافة الهواء عندها حوالي ٠,٧ كغ / م٣ . وعند مستوى ١٠ كم ارتفاع تقترب قيمة الضغط من ٢٦٥ مليبار والكثافة من ٠,٤ كغ / م٣ . أما عند ارتفاع ١٥ كم فلا تزيد قيمة الضغط عن ١٢٠ مليبار ، والكثافة عن ٠,٢ كغ / م٣ ، ليصبح الضغط عند مستوى ٢٠ كم قرابة ٠,٠٥ (٥٥ مليبار) قيمته عند مستوى البحر ، والكثافة دون ٠,٠٩ كغ م٣ .

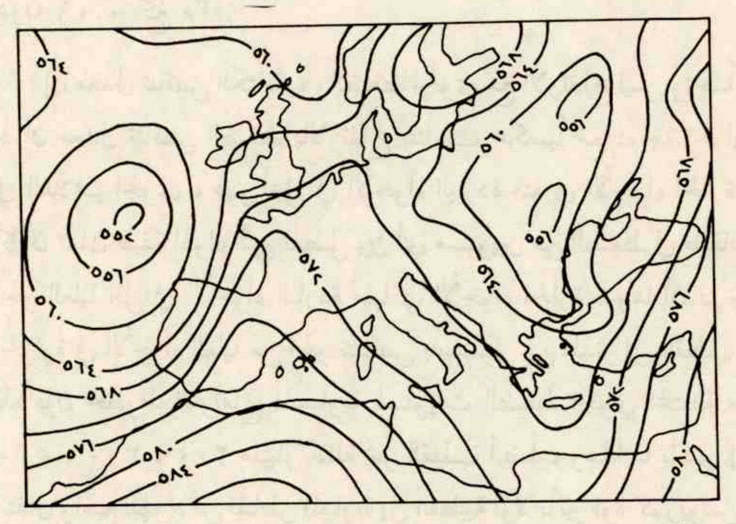
إن معدل تناقص الكثافة ، والضغط الجوي مع الارتفاع ليس واحداً . إذ أن معدل تناقص الضغط بالارتفاع يتناسب عكسياً مع درجة الحرارة في الغلاف الجوي ، فهو أعلى في الأجواء الباردة منه في الأجواء الحارة . كما أن سمك طبقة الهواء التي تفصل بين أي مستويين من الضغط في طبقات الجو العليا أقل في الأجواء الباردة منها في الأجواء الحارة . وبما أن درجة الحرارة في الأجزاء العليا من الجو تتناقص باستمرار من المدار إلى القطب ، لذا فإن خطوط الارتفاع المتساوية لمستويات الضغط الجوي المختلفة من ٥٠٠ ، ٣٠٠ ، ٢٠٠ مليبار مائلة نحو القطب أيضاً ، وهذا ما يؤدي إلى انتقال واسع للهواء من المناطق المدارية إلى القطبية لولا تأثير قوة كوريولس[1] وما تسببه من انحراف للرياح تزداد نسبته بالابتعاد عن المدار لتتحول إلى

---

(١) قوة كوريولس ــ أو ما تعرف بقوة الأرض الحارفة ــ ؛ هي القوة الناجمة عن دوران الأرض حول محورها ، والتي تعمل على حرف الأجسام المتحركة فوق سطح الأرض إلى يمين وجه حركتها الأصلية في نصف الكرة الشمالي ، وإلى يسار وجهة حركتها الأصلية في نصف الكرة الجنوبي .

رياح غربية بعد أن كانت جنوبية غربية[1] .

وتبدو أهمية معرفة خصائص وصفات الهواء العلوي للعلاقة الوثيقة بين ما يجري في الأعالي وما يجري عند السطح . وتبين خريطة السماكة ــ شكل (٢٥) ــ الأخاديد والضلوع ، إذ تتجه الضلوع نحو القطب وتحتوي على الهواء الدافىء ، في الوقت الذي تتجه فيه الأخاديد نحو خط الاستواء وتضم الهواء البارد . وتتسم هذه الملامح بالحركة البطيئة ، وقد



الشكل (٢٥) خريطة السماكة (١٠٠٠ ــ ٥٠٠ مليبار) يبدو فيها موقع الضغوط السطحية

---

(١) تأخذ الرياح في المستويات العليا من الجو ــ بعيداً عن سطح الأرض واحتكاكها ــ وجهة مسايرة لخطوط الضغط المتساوية نتيجة للتعادل بين قوة انحدار الضغط وقوة كوريولس ، وتعرف تلك الرياح برياح الجيوستروفيك .

يتواصل تأثيرها فوق منطقة معينة لعدة أيام متوالية . وتميل مناطق الانخفاض الجوي للنشوء والتكون في المساحة الواقعة بين أخدود أعلى (علوي) والضلع الذي يليه باتجاه الشرق ولا سيما في نهايات وأطراف الأخاديد والأضلاع . وتنشأ الأعاصير العكسية (المرتفعات) بين الضلع والأخدود الذي يليه باتجاه الشرق . وتميل مناطق الانخفاض والارتفاع عند السطح للتحرك عبر خطوط السماكة بنفس اتجاه الرياح وبسرعة أقل . وإن ما يعمل على تعقيد الوضع هو أن دورات السطح تغير من توزيع الهواء الدافىء والبارد ، وبالتالي تغير من الأشكال العلوية .

هذا وتظهر التيارات النفاثة على خرائط الهواء العلوية بشكل شرائط من خطوط الارتفاع المتقاربة . وتميل مناطق الانخفاض الصغرى للتحرك بسرعة بمحاذاة التيار النفاث والتعمق في مكان انتشار خطوط الارتفاع عند مخرج التيار النفاث[1] . إن مرور تيار نفاث فوق منطة ما أو نحوها يقتضي ضمناً إصابتها بطقس مضطرب غير مستقر .

حركة الهواء الرأسية والأفقية ، وظواهر الطقس المرافقة

إن مراكز الضغط الكبرى (الأحزمة) هي التي تنظم الحركة الأفقية والرأسية للهواء على سطح الأرض . وما الدورة العامة للهواء سوى حلقة

---

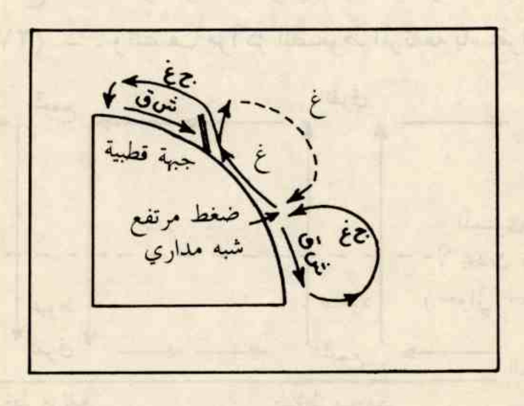
(١) التيارات النفاثة ؛ هي نطاقات من الرياح الشديدة السرعة عند مستوى التروبوبوز (حوالي ١٢ كم) تصل سرعتها أحياناً إلى ٥٠٠ كم / ساعة ، ويزيد سمكها عن ١٠٠٠ م ، ويتراوح عرضها بين ٥٠٠ ــ ٦٠٠ كم .

متواصلة من الحركات الأفقية وحركات الصعود والهبوط الهوائية التي تحدث ضمن الغلاف الجوي السفلي (التروبوسفير) . لذا يمكن القول ، إن الجو الأسفل ــ على الأقل ــ يعمل بشكل متضامن ــ مع ما هناك من اتصالات مع الجو الأعلى ــ ، حيث تحدث تبادلات بين الأجزاء العليا والسفلى منه ، كما تحدث مثل تلك التبادلات ما بين السويات الأفقية نفسها عند السطح وفي الأعالي ، والمتحكم الأول والأخير في مثل هذه التبادلات هو مركز العمل الجوي الكبرى التي تنتظم بشكل عرضاني ــ كما هو موضح في الشكل السابق (١٩) ــ .

فالهواء المتسخن عند خط الاستواء ، والمتمدد بفعل تسخينه ، والمتصاعد نحو الأعلى يرافقه انخفاض في الضغط عند السطح ، وفوق مستوى ستة كيلومترات يكون الضغط أكبر مما هو عليه في المناطق المتبردة عند القطبين ، التي ينجم عن شدة تبرد هوائها من قاعدته أن ينكمش ويتضاغط على بعضه متولداً عنه ارتفاع في الضغط عند السطح ، وتدني قيمته فوق مستوى أربعة كيلومترات ، مما يجعل انحدار الضغط في الأعلى نحو القطبين ، وعند السطح باتجاه المنطقة الاستوائية . ويتولد عن ذلك تحرك كتل من الهواء في الأعلى نحو القطبين ، ويزداد تبرد هذا الهواء المتحرك لفقده مزيداً من الطاقة عن طريق الإشعاع ، مما يزيد من كثافته ، ويضطر للهبوط إلى الأسفل ويتولد عنه الضغط المرتفع شبه المداري ، بعد أن يكون غير وجهته بتأثير قوة كوريولس . ويتحرك جزء من الهواء الهابط نحو خط الاستواء ــ تحت اسم الرياح التجارية ــ بينما يتجه الجزء الآخر منه نحو

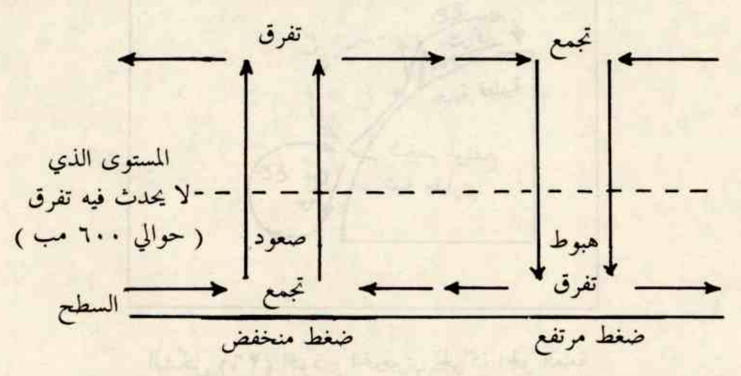
القطبين ليتلاقى مع الهواء البارد القادم من الضغط المرتفع القطبي ، وينجم عن تلاقي وتصادم هاتين الكتلتين الهوائيتين ارتفاع للهواء المداري نحو الأعلى على طول جبهة جوية كبرى ــ تعرف بالجبهة القطبية ــ . ويتحرك جزءٌ من الهواء المتصاعد في الأعالي نحو أعالي القطبين لكون الجو متخلخلاً هناك ومتضاغطاً عند السطح ، بينما يندفع الجزء الآخر نحو منطقة الهبوط العليا في أعالي منطقة الضغط المرتفع شبه المداري ــ شكل (٢٦) ــ . وهكذا تبدو الحركات الكبرى في أعلى الجو وعند السطح ، تلك الحركات التي تصاحبها نماذج معينة من الأحوال الجوية (هدوء ، وطقس صحو جاف حيث الضغط مرتفع ، وطقس مضطرب حيث الضغط منخفض) .

فالتقلبات الكبرى في الأحوال الجوية ترتبط بالدرجة الأساسية بحركات الهواء الرأسية ؛ من حركات صعود وهبوط ، وما يصاحب ذلك من تجمع



الشكل (٢٦) النموذج الحجيري لحركة الجو العامة

للهواء في المناطق التي حدث تخلخل في هوائها ــ أي انخفض ضغطها ــ ، وتفرق وتباعد له في المناطق التي ازدادت كثافة الهواء فيها ــ أي ارتفع ضغطها ــ. فأية حركة تصاعدية مؤشر على وجود انخفاض في الضغط عند السطح ، وهذا يعني أن الهواء يندفع نحو مركزها ما دام الضغط فيها أقل مما هو في المناطق المجاورة . ويكون الاندفاع أشد ، كلما كانت فوارق الضغط أكبر بين مركزها والضغوط المرتفعة القريبة منها . وإذا كان الهواء المتصاعد رطباً فسيؤدي إلى تشكل الغيوم وحدوث الهطول . أما مناطق الضغط المرتفع ــ التي تتصف كما ذكرنا بتضاغط الهواء فيها ، أي تراصه من الأعلى نحو الأسفل ــ فتكون الأجزاء القريبة من السطح ذات فيض هوائي ، بينما تكون الأجزاء العليا من الغلاف الجوي السفلي التي هبط جزء كبير من هوائها ذات نقص هوائي . وهذا دليل على أن منطقة الضغط المرتفع تمثل عند السطح منطقة تفرق وبعث هوائي باتجاه مراكز الضغوط المنخفضة ــ شكل (٢٧) ــ . وتتصف مراكز الضغوط المرتفعة باستقرار الهواء فيها



الشكل (٢٧) العلاقة بين نماذج التفرق والحركات الشاقولية والضغط السطحي

وصحو الجو ، وإذا كان الهواء رطباً ، فقد ينجم عن التبرد في ساعات الليل تشكل الضباب ، أو تشكل غيوم طبقية يصحبها هطول بشكل رذاذ .

إن الرحلة التي يقطعها الهواء المتحرك من مراكز الضغوط المرتفعة باتجاه مراكز الضغوط المنخفضة والحركات الصاعدة والهابطة ، تشكل بجملتها دورة الهواء ، مع ما يصاحب الهواء المتحرك أفقياً الذي يصل بين مناطق التفرق (الحركات الهابطة) ومناطق التجمع (الحركات الصاعدة) من أحوال جوية ، تحددها طبيعة.الهواء المنبعث من مركز الضغط المرتفع والمناطق التي يتحرك نحوها ، وطبيعة تلك المناطق .

والرياح ؛ هي الاسم الذي يطلق على الحركات الأفقية للهواء . وتختلف تلك الرياح اتجاهاً وسرعة من مكان إلى آخر . فمن الرياح ما تتصف بديمومة واضحة ، ومنها ما تهب فقط في فصول معينة من السنة . كما نجد من الرياح ما يهب في ساعات محددة من اليوم ، والبعض ما يكون هبوبه مرافقاً لمرور منخفض جوي جبهي .

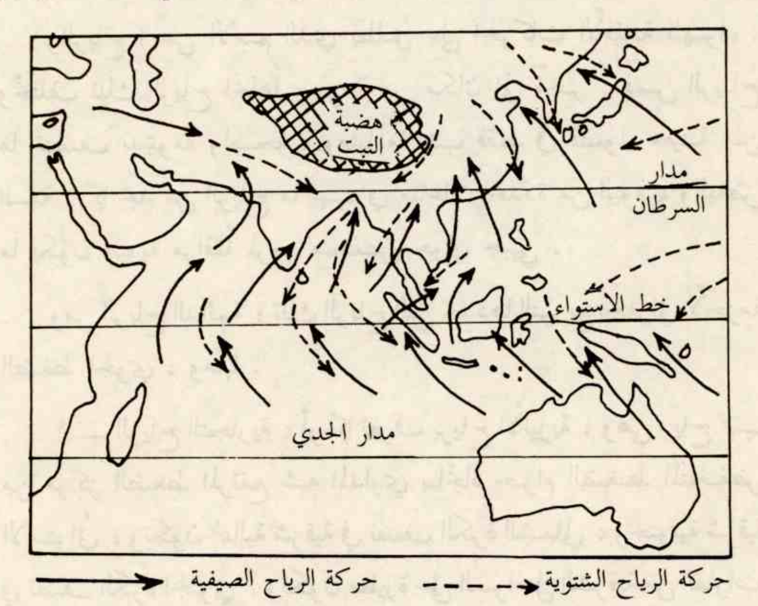
ومن الرياح الدائمة ؛ تلك الرياح التي يحددها التوزيع الجغرافي لأحزمة الضغط الجوي ، ومنها :

١ ــ الرياح التجارية ، أو كما تعرف برياح الأليزية ؛ وهي رياح تهب من مركز الضغط المرتفع شبه المداري باتجاه حزام الضغط المنخفض الاستوائي ، وتكون شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي ، وجنوبية شرقية في نصف الكرة الجنوبي . وتكون مطيرة على السواحل الشرقية من القارات في العروض المدارية ــ باستثناء ساحل الصومال كون الرياح تهب موازية

لخط الساحل في نصفي السنة ـــ ، وجافة على السواحل الغربية وفي داخل اليابس .

٢ ـــ الرياح الغربية ؛ وهي رياح العروض الوسطى . وتهب من مركز الضغط المرتفع شبه المداري إلى الضغوط المنخفضة عند خط عرض ٦٠ درجة تقريباً . وتتصف باضطرابها ، وبكونها مصدر رطوبة ودفء للسواحل الغربية من القارات بالدرجة الأولى .

٣ ـــ الرياح القطبية ؛ وهي التي تهب من حزام الضغط المرتفع القطبي نحو العروض التي يتركز فيها الضغط المنخفض تحت القطبي ـــ عند عرض

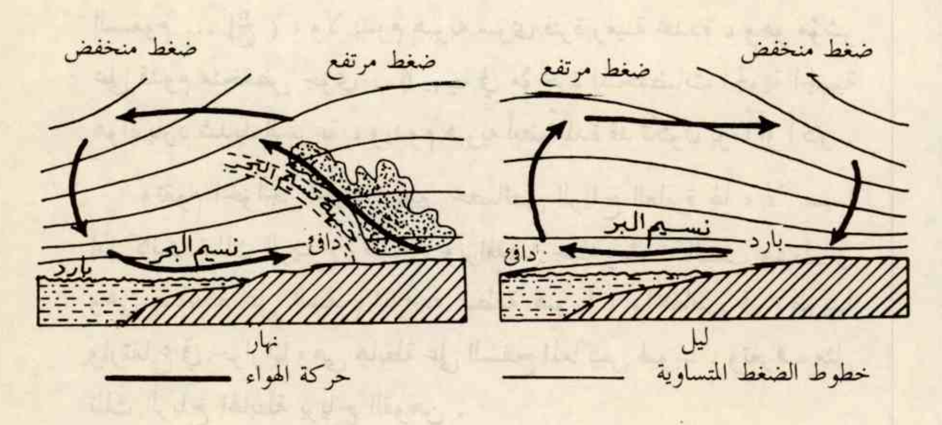


الشكل (٢٨) الحركة الموسمية فوق جنوب وجنوب شرقي آسيا

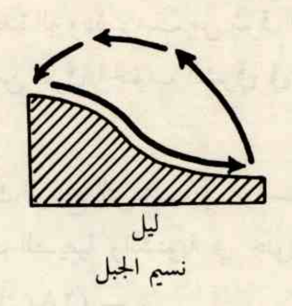
٦٠ درجة تقريباً ــ ، وهي رياح شديدة البرودة ، تهب من شرق الشمال الشرقي في نصف الكرة الشمالي ، ومن شرق الجنوب الشرقي في نصف الكرة الجنوبي .

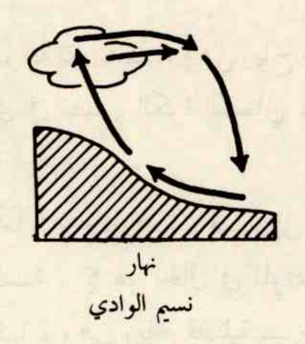
أما الرياح الموسمية ، فتشير إلى تلك الرياح التي تهب في مواسم محددة من السنة ، كما هو الحال في الموسميات الصيفية والشتوية في جنوبي آسيا وشرقيها ، وهي رياح فصلية ــ شكل (٢٨) ــ .

أما الرياح التي هي انعكاس لتغيرات الضغط اليومية ــ ما بين الليل والنهار ــ فتتمثل بنسيم البر والبحر ، ونسيم الوادي والجبل . فنسيم البر يهب في ساعات الليل باتجاه البحر ، أما نسيم البحر فيهب في ساعات النهار باتجاه البر ــ شكل (٢٩) ــ . ويهب نسيم الوادي في النهار ، ونسيم الجبل في الليل ــ شكل (٣٠) ــ .



الشكل (٢٩) نسيم البر والبحر





الشكل (٣٠) نسيم الوادي والجبال

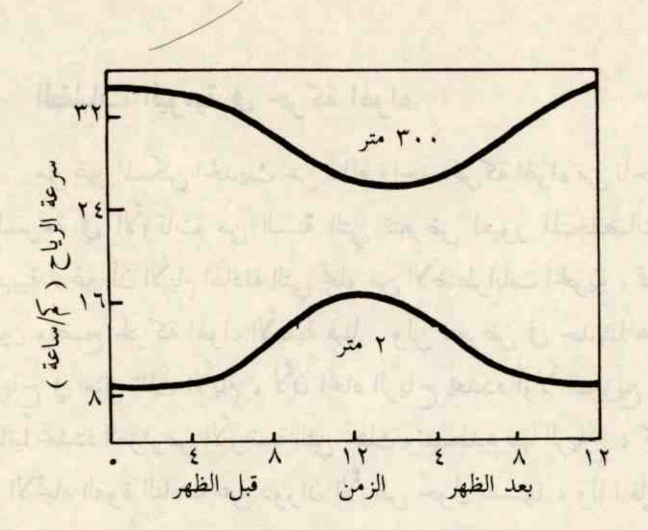
ومن الملاحظ أن مقدمة المنخفضات الجوية الجبهية يسبقها هبوب هواء دافىء قادم من الجهة الجنوبية ــ لا يتفق مع النمط العام للرياح السائدة ــ يأخذ أسماء محلية تختلف من مكان إلى آخر (الخماسين ، السموم ... إلخ) ، ولا يدوم هبوبه سوى فترة زمينة محددة ، وهو مؤشر على قدوم منخفض جوي . كما يهب في مؤخرة المنخفضات الجوية الجبهية هواء بارد شديد السرعة ، ويدوم هبوبه أيضاً لمدة قد تكون يوماً أو أكثر .

وتقوم الحواجز الجبلية بتغيير خصائص الرياح العابرة لها ، لا سيما إذا كانت تلك الرياح رطبة ، ويرافقها حدوث تكاثف وتهطال وهي صاعدة على السفح المواجه لمنطقة هبوبها ، وانخفاض في رطوبتها وارتفاع في حرارتها وهي هابطة على السفح المعاكس لهبوبها ، وتعرف مثل تلك الرياح الهابطة برياح الفوهن .

التقلبات اليومية في حركة الهواء

من غير الممكن الحديث عن نظام واحد لحركة الهواء من ناحية الاتجاه والسرعة في الأوقات من السنة التي تتعرض لعبور المنخفضات الجوية الجبهية . غير أن الأيام الهادئة التي تخلو من الاضطرابات الجوية ، تمتاز بنظام معين واضح لحركة الهواء الأفقية فيها . ولن نتعرض في حديثنا هذا لاتجاه الرياح في مثل تلك الأيام ، لأن اتجاه الرياح يحدده أولاً التوزيع الضغطي وثانياً تحدده العوارض الأرضية التي تحتك وتصطدم فيها الرياح ، كما يتحكم في الاتجاه القوة الناجمة عن دوران الأرض حول نفسها ، ولذا فإن الاتجاه العام للرياح هو جزء من اتجاه الرياح السائدة في العروض التي تقع فيها المنطقة ، مع ما يحدث ضمن الرياح السائدة من هبوب رياح محلية يحددها النظام اليومي للحرارة ، والاختلاف في طبيعة مظهر سطح الأرض .

أما نمط سرعة الرياح خلال ساعات اليوم ، فتختلف في الأجزاء القريبة من سطح الأرض (دون ١٠٠ م) عما هي عليه في الأجزاء البعيدة عن السطح (فوق ٢٠٠ م) . فالرياح السطحية تكون هادئة في الليل واتجاهها متقلب ، أما بعد شروق الشمس فتنشط الرياح إلى أن تبلغ أشدها في ساعات بعد الظهيرة ــ شكل (٣١) ــ لتأخذ سرعتها بعد ذلك بالتدني إلى أن تبلغ أدناها عند شروق الشمس ، ويكون اتجاهها أكثر انتظاماً ، وأقل تقلباً في ساعات النهار منه في ساعات الليل . وهكذا نجد أن المسار اليومي للرياح بالقرب من سطح الأرض يكون متوافقاً مع المسار اليومي لدرجة الحرارة ، ويمكن أن يُفَسَر ذلك ، بأنه عندماتزداد درجة حرارة السطح



الشكل (٣١) الدورة اليومية للرياح عند ارتفاع ٢ م ، و٣٠٠ م

ارتفاعاً ، يزداد اضطراب الهواء ويقل استقراره ، مما ينجم عن ذلك اندفاع للهواء المتسخن والمتمدد نحو الأعلى ليحل محله هواء أقل حرارة من الأجزاء الأعلى من الجو ، حاملاً معه قوة دفع كبيرة يجعل الرياح السطحية أكثر نشاطاً عندما تكون درجة الحرارة أكثر ارتفاعاً . ولو ارتفعنا فوق السطح مسافة تقارب من ٣٠٠ م لوجدنا أن مسار الرياح اليومي يختلف عن مسارها عند السطح .



الفصل الخامس

التكاثف ومظاهره

إن بخار الماء الموجود في الجو بنسبته المحدودة التي لا تتعدى ٥٪ من حجم الهواء ، هو مصدر كافة الظواهر المائية الجوية التي تشكل أساس وجودنا ، ووجود الأحياء كافة على سطح الأرض . وبخار الماء هذا هو نتاج تبخير جزء من مياه البحار والمحيطات ، بالإضافة إلى ما يتبخر من سطح التربة وما ينتح من النبات ... وغير ذلك .

من أين ، وكيف يهطل المطر ؟ . وكيف تتشكل شرائح الثلج وحبات البرد ، وتتساقط ؟ . وهل هناك إنسان لم يشاهد الضباب ويعاني من تدنٍ في الرؤية ؟ . كم كان فلاحنا سابقاً يفرح بتشكل قطرات الندى أثناء موسم الحصاد لما تسهل عليه ذلك من أعمال حصاد القمح والشعير ويمنع تقصف السنابل . وكان بخبرته وملاحظاته المستمرة يستطيع التكهن منذ ساعات المساء فيما إذا كان من الممكن تشكل الندى أم لا ، وذلك من طبيعة ووجهة حركة الهواء الخفيفة السائدة ، غير أنه لم يستطع أن يجد التفسير العلمي لتشكل قطرات الندى . أما الغيوم ، فكم كانت محيرة لـه ، لا يعـرف الإنسان لها قراراً ، ولا يجد تفسيراً لما يحدث فيها من ظواهر ضوئية (برق

وصوتية (رعد) و لم لا يرافق هطول الأمطار بعضها ، وإن كان بعضها الآخر يصاحب بهطول أمطار مختلفة الشدة . كم كانت الغيوم التي تظهر في السماء بعد طول انقطاع بشير خير ... سرعان ما تنقشع مبددة أحلام وآمال الذين فرحوا بها طامعين بعطائها .

وفيما يلي الإجابة على التساؤلات كافة التي تراود أذهاننا حول التكاثف ، وصوره المختلفة .

شروط حدوث التكاثف

يشير التكاثف إلى تحول بخار الماء العالق في الهواء إلى قطرات من الماء ، وهو معاكس للتبخر . ويمكن أن يحدث التكاثف في حالتين :

١ ــ إما بفعل تبرد الهواء إلى الدرجة التي يصبح فيها مشبعاً ببخار الماء ، وعندها فإن أي تبرد إضافي له سينجم عنه تحول لبعض جزئيات بخار الماء إلى قطرات مائية سائلة .

٢ ــ أو بفعل إضافة المزيد من بخار الماء إلى الهواء دون أن يكون هناك تبريد ــ بل يمكن أن يكون هناك بعض التسخن ــ ، وهذا يتم عن طريق إضافة كميات متزايدة من بخار الماء إلى الهواء حتى يبلغ المرحلة التي يصبح فيها عاجزاً عن استيعاب أي قدر إضافي آخر ، مما يؤدي إلى تحوله لقطرات سائلة ، وهذا ما يشاهد بكثرة في الحمامات ــ كمثال ــ .

ولكن السؤال المطروح ، هل أنه بمجرد وصول الهواء إلى التشبع ببخار الماء يحدث التكاثف ؟ . أو بمعنى آخر ، هل حدوث التكاثف مؤشر على

أن الجو مشبع ببخار الماء والرطوبة النسبية ١٠٠٪[1] ؟ .

بصورة عامة ، لا بد لحدوث التكاثف من أن يبلغ الهواء درجة التشبع . فلنفترض أن الهواء كان مشبعاً ببخار الماء عند درجة حرارة ٢٥° م (كمية بخار الماء بحدود ٢٢,٩ غ/م٣) . فإذا ما تم تبرد الهواء إلى درجة ٢٠° م ، فإن قرابة ٥,٦ غ/ م٣ من بخار الماء ستتكاثف ، لأن قدرة الهواء على حمل بخار الماء عند درجة الحرارة ٢٠° م لا تزيد على ١٧,٣ غ/ م٣ ، وإذا انخفضت درجة الحرارة إلى ١٠° م فإن أكثر من نصف بخار الماء ــ الذي كان موجوداً عند درجة حرارة ٢٥° م ــ يتكاثف (مقدرة الهواء عند ١٠° م تبلغ ٩,٤ غ/ م٣) . ولنفترض أن المتر المكعب من الهواء عند درجة حرارة ١٠° م يحتوي على ٩,٤ غ من بخار الماء ، ولم يتعرض الهواء للتبرد ، وإنما تلقى المزيد من بخار الماء ، فماذا يحدث ؟ . من الواجب أن يتم التكاثف لعدم قدرة الهواء على حمل أية حمولة إضافية . ولكن في كثير من الحالات ، لا يحدث التكاثف بمجرد وصول الهواء إلى درجة إشباعه ببخار الماء . ففي بعض الحالات يحدث التكاثف قبل وصول الهواء إلى درجة التشبع ، وفي حالات أخرى يفوق الهواء درجة التشبع بمثلين أو ثلاثة حتى يتم التكاثف ، فماذا وراء ذلك ؟ .

---

(١) الرطوبة النسبية ؛ هي عبارة عن النسبة المئوية لكمية بخار الماء الموجودة فعلياً في الهواء إلى الكمية من البخار اللازمة كي يكون ذاك الهواء مشبعاً ، وهي بالتالي مقياس لدرجة اقتراب الهواء من التشبع ببخار الماء .

إن وفرة بخار الماء شرط أساسي ، كما أن بلوغ الهواء درجة التشبع سواء بالتبرد أو بإضافة المزيد من بخار الماء شيء لا بد منه . غير أن هناك عامل آخر هام يحد من فرط الإشباع ببخار الماء ويساعد على التكاثف ، ألا وهو ما يعرف بنويات التكاثف التي تقوم بعملية استقطاب لجزيئات بخار الماء . وتتمثل تلك النويات في جزيئات المواد الغريبة العالقة في الجو من ؛ دخان ؛ وغبار ، وأتربة ، وأملاح ... إلخ . وكلما كانت تلك المواد أكثر وفرة في الهواء ، ساعدت أكثر على حدوث التكاثف والتهطال ، ومنعت عملية فرط الإشباع ، وأدت إلى التكاثف عند وصول الهواء إلى درجة تشبعه (رطوبة نسبية ١٠٠٪) . غير أنه في المناطق البحرية الغنية أجوائها بالأملاح ــ لا سيما ملح الطعام ــ فإن التكاثف يمكن أن يحدث قبل وصول الهواء إلى مرحلة التشبع ، وتعرف جزيئات الأملاح تلك بنويات التكاثف المسترطبة ــ أو المتميعة ــ والمتصفة بشراهتها للماء .

مظاهر التكاثف

يمكن أن نصنف مظاهر التكاثف في ثلاث حالات ، حسب مستوى التكاثف من سطح الأرض :

أ ــ التكاثف السطحي :

يتمثل التكاثف السطحي في الندى . فالندى ، عبارة عن قطيرات صغيرة من الماء تتشكل على السطوح الباردة في ساعات الليل من جراء

تبرد تلك السطوح المعرضة للهواء إلى ما دون درجة نقطة الندى[1] .
فعندما تنخفض درجة حرارة سطح الأرض وما عليها في ساعات الليل إلى ما دون نقطة ندى الهواء الملامس لها مباشرة ، يحدث تحول لجزيئات بخار الماء الملامسة إلى حالة سائلة متوضعة على شكل نقط صغيرة تعرف بالندى ، نعثر عليها فوق أوراق النباتات والأشجار ، وأسطح المنازل وزجاج السيارات ... وحتى التربة العارية الجرداء دون أن يظهر عليها واضحاً . وما أن تمر لحظات على شروق الشمس حتى تتبخر وتتلاشى قطرات الندى . ولتشكل الندى ، يجب أن يكون الجو صحواً هادئاً نسبياً ، لذا نجده يكثر في أشهر الخريف وبعض ليالي الصيف ، لا سيما في المنطقة الداخلية من سورية . ويقدر أن مالا يقل عن ٢٥ مم من الندى سنوياً يتشكل في المنطقة الداخلية شبه الجافة من سورية .

ب ــ التكاثف القريب من السطح :

تتمثل التكاثفات التي تحدث في الطبقة الهوائية القريبة من سطح الأرض فيما يعرف بالضباب والشابورة . ويتشكل الضباب بفعل تبرد الهواء القريب من السطح إلى الدرجة التي يصبح فيها عاجزاً عن حمل بخار مائه فيتكاثف على شكل قطيرات صغيرة الحجم من الماء ــ لا يزيد قطر الواحدة منها عن ١,٠ مم ــ تبقى عالقة في الهواء بحيث تحجب الرؤية إلى أقل من ١٠٠٠ م .

---

(١) نقطة الندى ؛ هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها تكاثف بخار الماء .

وإذا كانت أية عملية تؤدي إلى تبريد الهواء القريب من السطح إلى درجة حرارة نقطة نداه تسبب التكاثف وتشكل الضباب ، فهذا يعني أن هناك عدة أنواع من الضباب ، لا تختلف في شيء سوى في الطريقة المؤدية إلى تشكلها ، منها ؛

الضباب الناجم عن التبرد الليلي لسطح الأرض بالإشعاع الحراري وتوصيل البرودة هذه إلى الهواء القريب من السطح ، ويعرف هذا الضباب بالضباب الإشعاعي .

وهناك الضباب الناتج عن مرور هواء رطب دافىء فوق سطح بارد (يابس ، أو مسطح مائي) ، ومثل هذا الضباب يتشكل في المناطق الساحلية .

وهناك نوع من الضباب غير ناجم عن التبريد ، وإنما عن إضافة المزيد من بخار الماء إلى الهواء ، وهذا ما يحدث في المسطحات المائية الدافئة في العروض المعتدلة والعليا عندما يمر فوقها هواء بارد .

ومعظم الضباب الذي يتشكل في سورية من النوع الإشعاعي ، الذي يحدث في ليالي نصف السنة الشتوي ، في حال سيادة طقس صحو وهادىء نسبياً في أعقاب أوقات رطبة ، وهذا ما يترافق مع وقوع البلاد تحت تأثير ضغط جوي مرتفع ، كما هو الحال في الأجزاء الداخلية من سورية في العديد من ليالي الشتاء والخريف والربيع . وبصورة عامة فإن الضباب يكون أكثر كثافة في الأجزاء المنخفضة (الحوضية) منه في الأجزاء المرتفعة ، بفعل تراكم الهواء البارد ليلاً في قيعان الأودية والأحواض . كما وتزداد كثافته في

أجواء المدن والمناطق الصناعية لوفرة الملوثات الجوية . لذا فإن الإنسان في انتقاله من مكان إلى آخر قد يصادف ضباباً أكثر أو أقل كثافة حسب درجة التبرد والوضع الطبوغرافي ... إلخ . والأغلب أن يتبدد الضباب عقب شروق الشمس بحوالي ساعتين تقريباً ، غير أنه كثيراً ما يلاحظ أنه بعد تبدد الضباب ، وحدوث تسخن شديد لسطح الأرض ــ إذا ما كانت التربة محروثة جيداً ويميل لونها إلى الحمرة ــ عودة تشكل الضباب دون أن يدوم طويلاً ، ومنشأه في هذه الحالة ليس التبرد ، وإنما التبخر وإضافة المزيد من بخار الماء ، ومثل هذه الظاهرة كثيراً ما تتم مشاهدتها في المنطقة الداخلية من سورية إلى الشرق من مدينة حماة .

والشابورة ليست سوى شكل من أشكال الضباب ، لا تختلف عنه سوى في كثافتها . فعندما تكون كثافة قطيرات الماء العالقة في الجو قليلة تسمح بالرؤية إلى ما يزيد عن ١٠٠٠ م ، نكون عندئذ أمام ظاهرة الشابورة التي تكسب السماء لوناً أبيض باهتاً .

جـ ــ التكاثفات العلوية :

تمثل الغيوم في السماء التكاثفات العلوية التي تحدث بعيداً عن سطح الأرض . والغيوم ما هي سوى ضباب بعيد عن السطح ، مكون من قطرات مائية صغيرة ، أو من بلورات جليدية ، أو من خليط منهما . والواقع أن صغر الجسيمات المكونة للغيوم تسمح للهواء الصاعد للأعلى بأية سرعة أن يحملها مبقياً إياها معلقة في الجو ، إلى أن تتوافر الظروف لنمو تلك

الجسيمات الصغيرة إلى الحجم الذي يصبح فيه وزنها أكبر من قدرة الهواء على حملها ، مما يضطرها إلى السقوط تجاه السطح .

وكثيراً ما نرى الغيوم وهي تعبر الجبال ، وقد يضطر أحدنا للدخول ضمن غيمة إذا ما صعد جبلاً ، أو ركب طائرة ـــ حيث تخترق الطائرة الغيمة لتحلق فوقها ، وتكون قمة الغيمة من تحت ، والسماء بزرقتها وأشعة الشمس الساطعة من فوق ـــ .

وتتشكل الغيوم بصورة رئيسة نتيجة للحركة الشاقولية للهواء الرطب التي تحدث إما بفعل الحملان (بالتسخن) أو بسبب قوة صعود قسرية فوق أرض مرتفعة ، أو بفعل اصطدامه ـــ أي الهواء الدافىء ـــ بهواء أشد برودة يجبره على الارتفاع ، كما يحدث في المنخفضات الجوية الجبهية . وتصنف الغيوم عادة إلى عدة نماذج على أساس عاملين ، هما :

١ ـــ شكل ، وبنية ، ومظهر الغيوم .
٢ ـــ ارتفاع قاعدة الغيوم .

واستناداً إلى العامل الأول ، يمكن تمييز النماذج التالية من الغيوم :
١ ـــ الغيوم السمحاقية التي تبدو بمظهر ليفي .
٢ ـــ الغيوم المتطبقة التي تبدو بشكل طبقات (صفائح) .
٣ ـــ الغيوم الركامية التي تبدو بمظهر كتل وأكوام أو قباب .

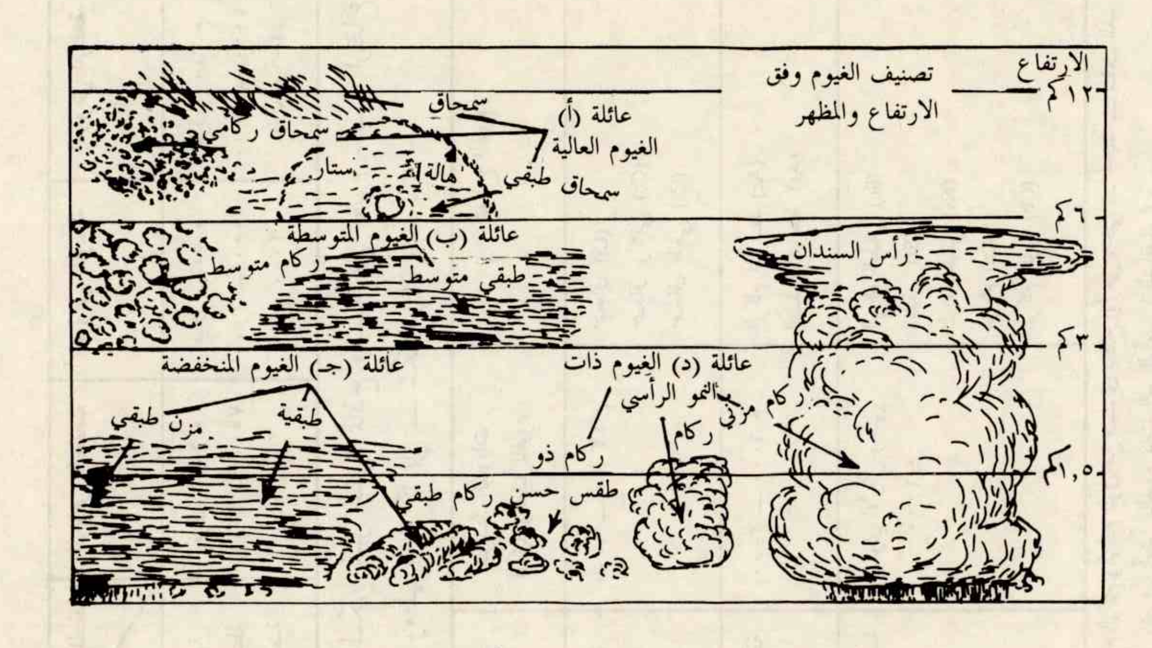
أما بالاستناد إلى العامل الثاني ، فإن الغيوم تصنف إلى ؛ غيوم منخفضة ، متوسطة ، وعالية . ويختلف ارتفاع قواعد الغيوم باختلاف درجة العرض ، كما هو موضح في الجدول التالي :

الغيوم / المنطقة	العروض المنخفضة	العروض المتوسطة	العروض المرتفعة
غيوم عالية غيوم متوسطة غيوم منخفضة	فوق ٦٠٠٠ م ٢٠٠٠ ـ ٧٥٠٠ دون ٢٠٠٠	فوق ٥٠٠٠ م ٢٠٠٠ ـ ٧٠٠٠ دون ٢٠٠٠	فوق ٣٠٠٠ م ٢٠٠٠ ـ ٤٠٠٠ دون ٢٠٠٠

ومن الممكن تمييز عشرة نماذج رئيسية من الغيوم حسب ارتفاع قواعدها، ومظهرها، كما يلي ـ شكل (٣٢) ـ :

المجموعة	متوسط السويات الدنيا والعليا للغيوم	نموذج الغيوم
الغيوم العالية	٦٠٠٠ ـ ١٢٠٠٠ م	سمحاق (Ci) سمحاق ركامي (Cc) سمحاق طبقي (Cs)
الغيوم المتوسطة	٢٠٠٠ ـ ٦٠٠٠ م	الركام المتوسط (Ac) الطبقي المتوسط (As)
الغيوم المنخفضة	مستوى الأرض وحتى ٢٠٠٠ م	الركام الطبقي (Sc) الطبقي (St) المزن الطبقي (Ns) الركام (Cu)[1] الركام المزني (Cb)

(١) تمتد غيوم الركام والركام المزني من مستوى سطح الأرض وحتى ـ أحياناً ـ سقف الغيوم العالية. وتعرف أيضاً بالغيوم ذات النمو الرأسي (الشاقولي).



الشكل (٣٢) مجموعات الغيوم ونماذجها (أجناسها) الرئيسية

وإنه لمن الممكن تصنيف الغيوم حسب أسلوب نشأتها ـ أي آلية الحركة الشاقولية التي تؤدي إلى التكاثف ـ في أربعة مجموعات كبرى ، كالآتي :

١ ـ الغيوم الناتجة عن حركة رفع تدريجية للهواء في المنخفضات .

٢ ـ الغيوم الناتجة عن الحملان الحراري .

٣ ـ الغيوم الناتجة عن حركة حملان قوية ـ كما في الاضطرابات الميكانيكية (الآلية) ـ .

٤ ـ الغيوم الناتجة عن صعود كتلة من الهواء فوق حاجز جبلي .

وكل مجموعة من تلك المجموعات تتضمن غيوماً مختلفة في بنيتها ومظهرها . كما أن النموذج نفسه من الغيوم يمكن أن ينتج بفعل آليتين مختلفتين من الحركة الشاقولية ، كمثال ؛ غيوم الركام يمكن أن تنتج من الحملان الحراري أو من حركة رفع الهواء فوق الجبال .

وليست الغيوم كافة التي نشاهدها في السماء تؤدي إلى هطول الأمطار أو غيرها من مظاهر التهطال . فتلك الغيوم الشديدة الارتفاع ، الليفية المظهر ، البيضاء اللون ، التي تشاهد أحياناً في أواخر الصيف في سمائنا ، أو في مقدمة المنخفضات الجوية في فصل الشتاء ، لا تؤدي إلى أي شكل من أشكال التهطال ، وهي كما ذكرنا المعروفة بغيوم السمحاق . وتعد غيوم المزن الطبقي (نيمبوستراتوس) من أهم الغيوم ، لكونها الغيوم المدرارة الرئيسة في العروض الوسطى . يضاف إلى ذلك ، غيوم الركام المزني التي تؤدي إلى هطولات غزيرة جداً ، وهي الغيوم التي يرافقها هطول البرد ،

وعواصف الرعد . وتظهر هذه الغيوم بكثرة في أيام فصل الربيع في المنطقة الوسطى والشمالية من سورية ، لا سيما في ساعات بعد الظهيرة ، ناجماً عنها أمطاراً محلية غزيرة سببها التسخن الشديد لسطح الأرض ونشاط تيارات الهواء الحملانية ، كما تظهر هذه الغيوم مرافقة أيضاً للجبهة الباردة من المنخفض الجوي الجبهي .

أما تلك الغيوم التي تغطي السماء بطبقة متواصلة ذات قاعدة منتظمة غير مشوشة ، وذات لون رمادي ، فهي غيوم الصعود البطيء للهواء . وتشاهد كثيراً أثناء مرور القطاع الحار من المنخفض الجوي ، وهي غيوم لا تؤدي إلى هطولات معتبرة ، لأن جُلَّ ما يهطل منها ــ إذا تيسر لها ذلك ــ هو رذاذ خفيف .

إن العلاقة بين كمية الغيوم في السماء والتهطال ليست دائماً علاقة طردية . فالغيوم الطبقية لا تؤدي إلى حدوث تهطال ، بينما ترافق الغيوم المزنية بهطول مختلف الأشكال . فإذا ما نظرنا إلى المناطق الساحلية من ناميبيا (جنوب غرب افريقيا) ، والمغرب ، والبيرو ، ــ كمثال ــ لوجدنا أنها ذات درجة تغيم مرتفعة ، غير أنها لا تتلقى سوى نذر يسير من الأمطار . في حين نجد أن المناطق المدارية تتلقى كميات كبيرة من الأمطار من الغيوم التي تتشكل هناك وهي غيوم الركام المزني . أما معظم التهطال في العروض الوسطى فتدره غيوم المزن الطبقي . وفي الصيف (شمال عرض ٤٠ شمالاً) فإن غيوم الركام المزني هي الأهم في التهطال .

الفصل السادس

التهطال وأشكاله

يشير التهطال إلى كافة ما يهطل (يسقط) من الغيوم بشكل سائل (مطر ، رذاذ) أو صلب (ثلج ، برد) .

وتشكل الغيوم مصدر كافة الهطولات . وليست أية غيمة نشاهدها في السماء تدل على هطول مطرٍ أو ثلج منها ، بل نجد أن هناك غيوم لا تدر نحو سطح الأرض أي جزء من حمولتها ـــ كما هو الحال في الغيوم السمحاقية ـــ ، كما أن هناك بعض الغيوم تدر بعضاً مما تحمله إذا كانت الظروف سانحة لذلك ، بينما نجد أن غيوماً أخرى ـــ كالمزن الطبقي ، والركام المزني ـــ ذات إمكانية أكبر من غيرها لإسقاط بعض حمولتها ، وهي بالتالي معقد الأمل والرجاء إذا ما لاحت تباشيرها في السماء . وبما أن معظم الغيوم تتشكل بفعل حركات الصعود الهوائية ، لذا فإن مكونات الغيوم ستبقى محمولة بفعل تلك التيارات إلى أن تنمو مكوناتها لتصبح من الكبر ما يتيح لها فرصة السقوط نحو سطح الأرض مدفوعة تحت تأثير ثقالتها . كما أنه في بعض الحالات يحدث تبخر لما تدره الغيوم من هطول وهو في طريقه نحو سطح الأرض ، وذلك بسبب جفاف وارتفاع حرارة الطبقة

المحصورة بين قاعدة الغيمة وسطح الأرض ، وأكبر دليل على ذلك ، هو الهطول المختلط (ثلج ومطر) الذي يعكس ذوبان جزء من الهطول الثلجي وهو في طريقه نحو سطح الأرض .

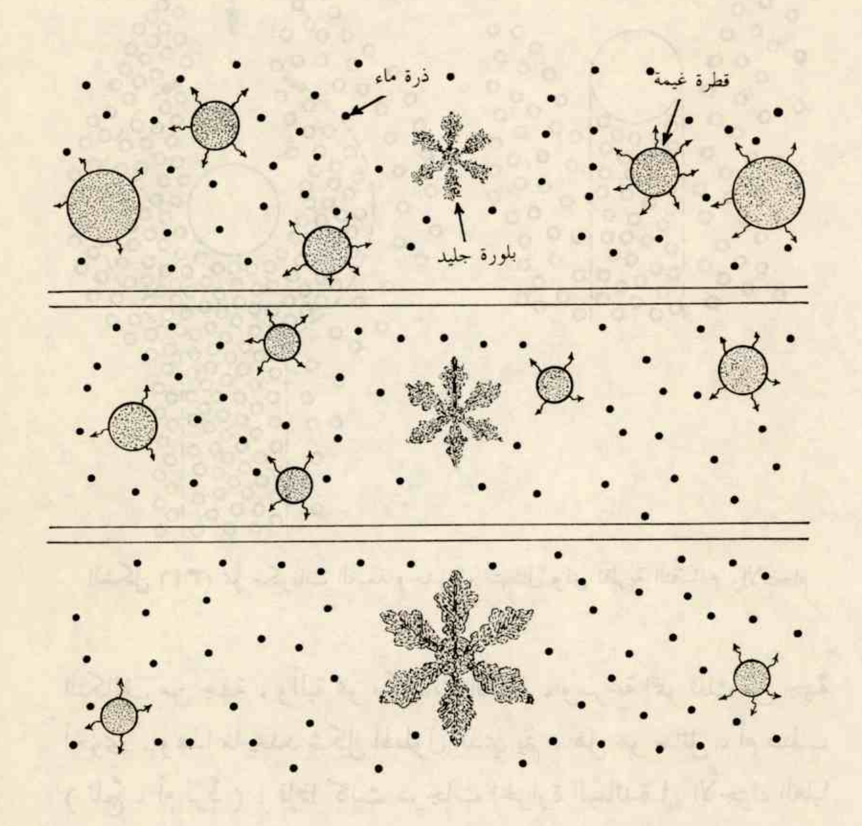
كيف يحدث التهطال

تتألف الغيوم من قطرات مائية سائلة فقط ، أو من بلورات جليدية ، أو من خليط منهما . والعامل المهم في إدرار الغيوم لمحتواها من مواد تهطالية ، هو نمو تلك المحتويات لتصبح من الكبر ما يجعلها تسقط تحت تأثير ثقالتها التي تفوق قوة رفع الهواء لها . ويتم نمو تلك المحتويات وفق طريقتين ، الأولى ، إذا كانت الغيمة مكونة من خليط من بلورات جليدية وشرائح ثلجية ، وقطرات مائية فوق مبردة وعادية[1] ، ويتم نمو تلك المكونات عندها وفق نظرية بيرجيرون (Bergeron) بحدوث نمو لبلورات الجليد على حساب قطرات الماء ــ شكل (٣٣) ــ . والثانية ، إذا ما كانت الغيمة مكونة من قطرات مائية فقط مختلفة الأحجام حرارتها فوق الصفر درجة مئوية ، إذ تنمو القطرات الكبيرة على حساب الصغيرة بتصادمها والتحامها معاً ... وهكذا ــ شكل (٣٤)) ــ .

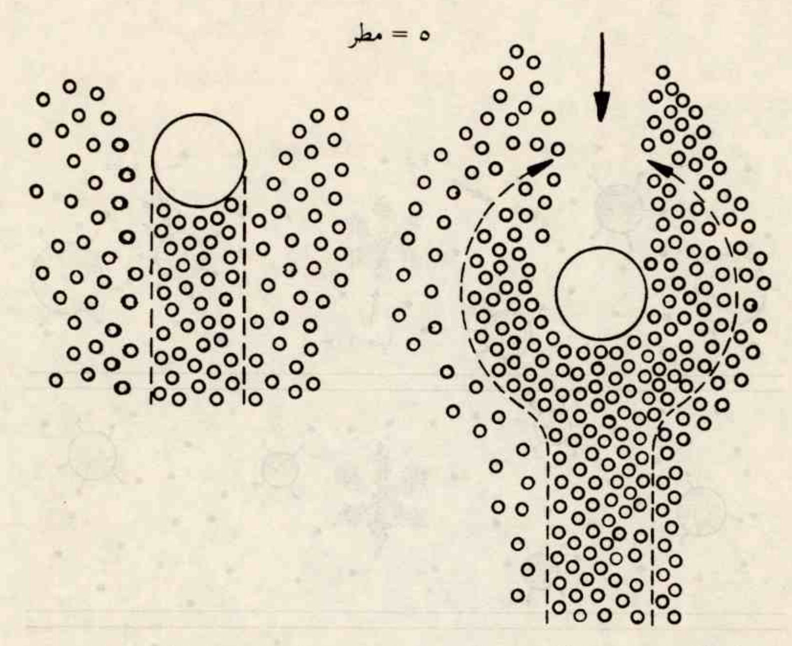
وهكذا يمكن القول ، إن كمية الهطول وشدته ، تتحكم فيه آلية

---

(١) القطرات المائية فوق المبردة ؛ هي قطرات مائية محافظة على حالتها السائلة مع انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون الصفر درجة مئوية وحتى أحياناً دون – ٢٠ه م .



الشكل (٣٣) نمو مكونات الغيمة وحدوث الهطول وفق نظرية بيرجيرون

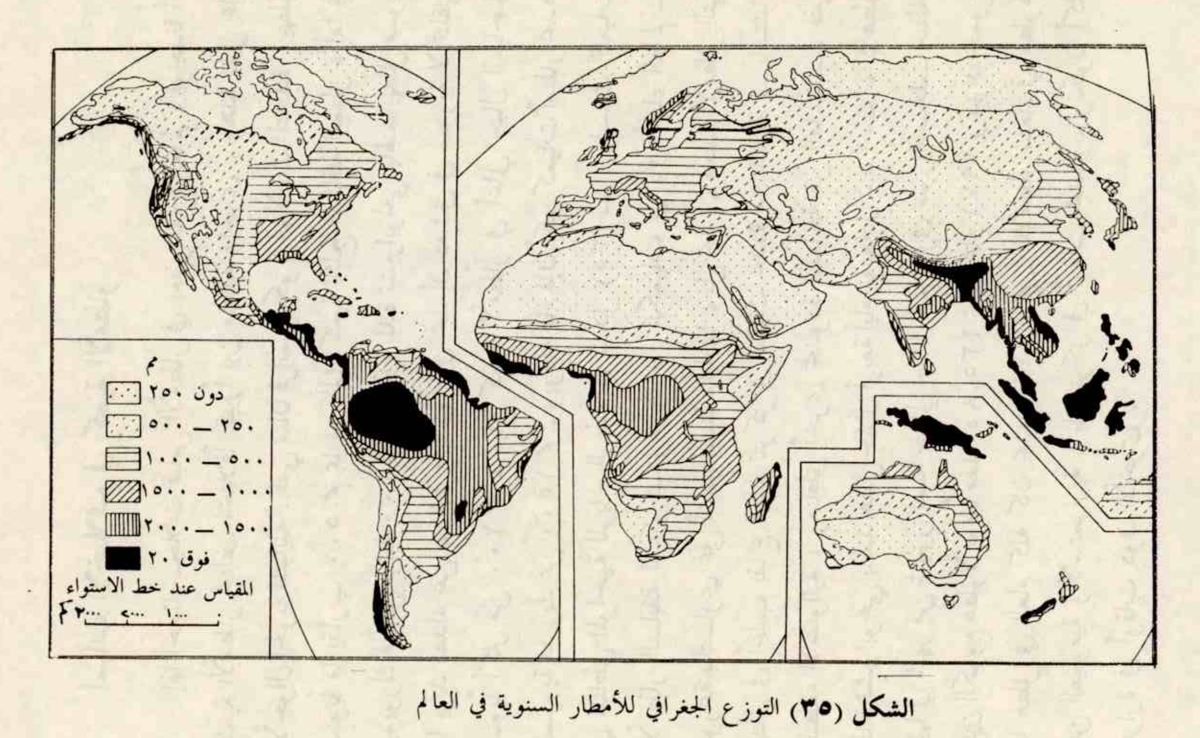


الشكل (٣٤) نمو مكونات الغيمة وحدوث التهطال وفق نظرية التصادم والالتحام

التكاثف من جهة ، وآلية نمو مكونات الغيمة ، وسرعة النمو تلك من جهة أخرى . وهذا ما يحدد شكل الهطول الذي يتم ، هل هو سائل ، أم صلب (ثلجٌ ، أم بَرَدٌ) . فإذا كانت درجات الحرارة السائدة في الأجزاء العليا من الغيمة منخفضة ، وكذلك درجات الحرارة السائدة بينها وبين سطح الأرض دون درجة التجمد هطل الثلج ، وإلا ذاب معظم الثلج في طريقه إلى السطح ، وهطل المطر .

أسباب الاختلاف في كمية الأمطار

إذا أخذنا سجلات قياس الأمطار في بعض بقاع العالم ، لوجدنا أن كمية الأمطار تختلف اختلافاً كبيراً بين منطقة وأخرى ، وهذا دليل على الأحوال الجوية المتباينة . ففي سان فرانسيسكو (الولايات المتحدة) يهطل سنوياً ما يقارب ٥٠٠ مم بما في ذلك كمية الثلج المكافئة للمطر ، أما في نيويورك فيهطل قرابة ١٠٠٠ مم . وفي بلدة تشيرابونجي بالهند يهطل سنوياً ما يزيد معدله عن ١١,٤ م ، في حين نجد أن دمشق في سورية لا تتلقى سنوياً أكثر من ٢٠٠ مم ، لتبلغ كمية الأمطار في أعالي جبال الساحل السورية ما يزيد عن ١٥٠٠ مم . وبوجه عام فإن أكبر كميات أمطار نجدها في المناطق المواجهة للرياح الرطبة ــ شكل (٣٥) ــ . وليست كميات الأمطار السابقة الذكر ــ وغيرها من الكميات في باقي أنحاء العالم ــ موزعة بالتساوي على أشهر السنة وأيامها ، بل نجد أن معظم الأمطار التي تهطل في أغلب بقاع العالم تتركز في أوقات محددة من السنة ــ باستثناء المنطقة الاستوائية ، ومناطق أخرى محدودة المساحة من العالم ــ . ففي بلدة تشيرابونجي بالهند هطل خلال أربعة أيام ما يعادل ٢٥٠ سم ، كما هطل فيها في شهر من شهور السنة حوالي ٩٣٠ سم . وفي سورية سجلت منطقة عين الكروم هطولاً يومياً مقداره ٢٣٥,٨ مم في عام ١٩٧١ رغم أن مجموع ما هطل في العام كله كان بحدود ١٥١٤ مم . فالأمطار تبتعد في هطولها عن العمومية والاستمرارية ، بل تتركز في أوقات محددة ، وتكون أكثر غزارة في أوقات دون الأخرى .



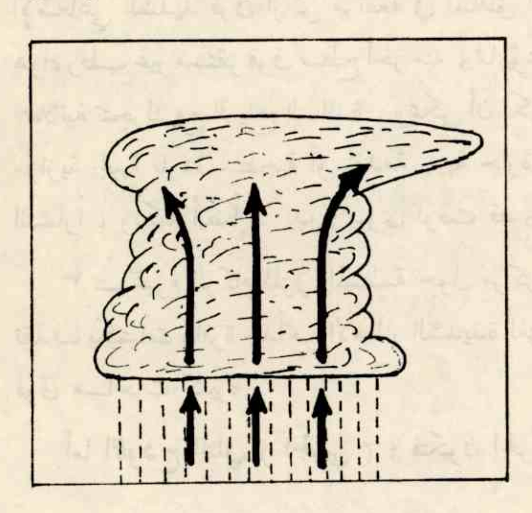
الشكل (٣٥) التوزع الجغرافي للأمطار السنوية في العالم

والذي يحدد كمية الأمطار وشدتها أمران رئيسان هما ؛ وفرة بخار الماء ــ ويكون الهواء الحار البحري أكثر وفرة ببخار مائه من الهواء البارد القاري ــ ، وشدة حركة الصعود الهوائية وسرعة نمو قطرات الماء وكبر حجمها .

وحسب آلية صعود الهواء للأعلى وتكاثف بخار مائه وهطول نواتج التكاثف يصنف التهطال في ثلاثة نماذج ، هي :

أ ــ نموذج التهطال الحملاني المرافق لحالة عدم الاستقرار الحملاني .
ب ــ نموذج التهطال الجبهي المرافق للمنخفضات الجوية الجبهية .
جـ ــ نموذج التهطال التضاريسي المرتبط بالمناطق الجبلية أو التلالية .

فالنموذج الأول ؛ يترافق مع غيوم الركام والركام المزني ــ شكل (٣٦) ــ . وسبب التهطال ؛ الحركة الشاقولية للهواء الصاعد الذي تكون



الشكل (٣٦) امطار الحمل

حرارته أكثر من حرارة وسطه (بيئته) ، وهذا يعني عدم استقرار حملاني في الهواء الصاعد . ويكون التهطال الحملاني أشد غزارة من التهطال التضاريسي أو الجبهي ، ولكن ديمومته لوقت أقصر ، وغالبًا ما يترافق التهطال الحملاني مع عواصف رعدية . ويمكننا أن نميز في هذا التهطال ثلاثة أشكال :

١ ــ زخات حملانية متفرقة تدوم لمدة نصف ساعة إلى ساعة واحدة ويمكن أن تحدث فوق مساحة ٢٠ ــ ٣٠ كم٢ عندما تخضع مثل هذه المساحة لتسخن إشعاعي شديد ، لاسيما في الأوقات الحارة من السنة ــ وفي سورية في فصل الربيع ــ . والتهطال هنا يكون رعدياً ، وغالباً ما يتضمن هطول برد .

٢ ــ زخات حملانية منتظمة ، يمكن أن تحدث كنتيجة للتسخن الإشعاعي الشديد فوق أرض مرتفعة في المناطق المدارية ، أو عندما يعبر هواء رطب غير مستقر فوق سطح أحر منه ، مما يؤدي إلى تشكل حجيرات حملانية تتحرك مع الرياح السائدة . ويمكن أن تكون مثل تلك الحجيرات موازية لجبهة باردة سطحية أو لمقدمة جبهة حارة . والتهطال هنا أوسع انتشاراً ، ولكنه أيضاً لا يدوم سوى لوقت قصير .

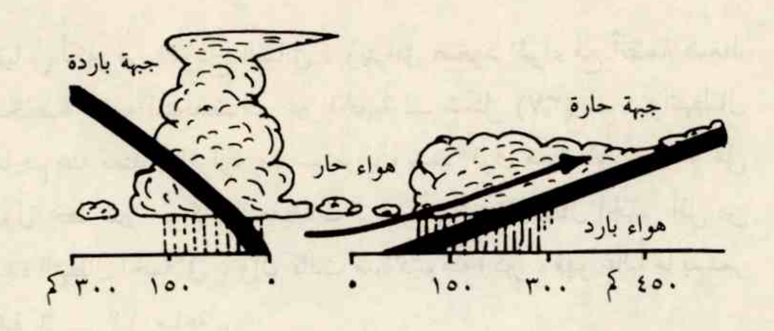
٣ ــ غيوم الركام المزني المنتظمة حول مركز الأعاصير المدارية التي تقذف بكميات وافرة جداً من الأمطار الشديدة الغزارة ولوقت طويل نسبياً فوق مساحات كبيرة .

أما **النموذج الثاني (الجبهي)** ؛ فتكون الحركة الشاقولية فيه ذات

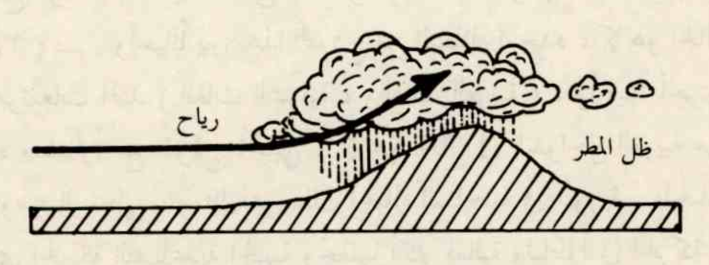
مقياس أكبر من النموذج السابق . ويترافق صعود الهواء مع أنظمة ضغط منخفضة تشبه المنخفضات غير الجبهية ــ شكل (٣٧) ــ . والتهطال الناجم عنه معتدل الغزارة ، ومستمر ، وينتشر فوق مساحات شاسعة على طول خط سير حركة المنخفضات . غير أن شدة التهطال الجبهي أقل من شدة التهطال الحملاني ، وإن كانت مدة ديمومته أكبر ، فهو غالباً ما يستمر لمدة ٦ ــ ١٢ ساعة .

أما **النموذج التضاريسي**؛ فتحدده الحواجز الجبلية التي تقف في وجه الرياح الرطبة مجبرة إياها على الصعود والتكاثف والتهطال ــ شكل (٣٨) ــ . وأحياناً يبرز هذا النموذج من التهطال لوحده ، كما هو الحال في مرتفعات الهند (الغات الشرقية ، والغات الغربية) ، وأحياناً أخرى نجده متضافراً مع النموذج الجبهي ، كما هو الحال في السواحل الغربية من العروض الوسطى ، ومثال عن ذلك الجبال الساحلية في سورية . فالجبال تقوي الحركة التصاعدية الجبهية وتجعلها أكثر فعالية وتباطؤاً في الحركة . وتكون السفوح المواجهة للرياح الرطبة أكثر أمطاراً بكثير من السفوح المعاكسة ، كما هو الحال في السفوح الغربية والشرقية من الجبال الساحلية السورية .

وهكذا نجد أن المناطق الواقعة في مواجهة الرياح الرطبة تكون أكثر أمطاراً من المناطق المحجوبة عن تلك التأثيرات ، كما أن المناطق المعرضة مباشرة للمنخفضات الجبهية أوفر مطراً من المناطق القليلة التعرض . أيضاً فإن المناطق التي تتعرض لتسخين شديد والمتصفة برطوبة أرضية وفيرة هي



الشكل (٣٧) الأمطار الجبهية



الشكل (٣٨) الأمطار التضاريسية

أكثر أمطاراً من المناطق الأقل رطوبة والأقل تسخيناً . وتكـون المناطـق الخاضعة لسيطرة ضغوط مرتفعة مدة طويلة من السنة قليلة التهطال . كما أن وقوع منطقة بمحاذاة ساحل بحري تتدفق على طوله مياه باردة يقلل جداً من التهطال .

وإذا نظرنا إلى منطقة شرقي البحر المتوسط ، لوجدنا أن تباين الأمطار

فيها مرده بالدرجة الأولى لعاملي الانخفاضات الجوية والتضاريس ــ بجانب القرب من البحر والبعد عنه ــ ، لأن الأمطار تقل بالاتجاه نحو الجنوب ، كما أنها تزداد بالاقتراب أكثر من ساحل البحر ، بالإضافة إلى أن التضاريس المرتفعة أكثر مطراً من الأجزاء المنخفضة الارتفاع .

وبوجه عام ، فان التوزيع الفصلي للأمطار يكون أكثر أهمية من الكمية السنوية . ففي أجزاء واسعة من المناطق المدارية يتركز التهطال بشكل رئيسي في نصف السنة الصيفي ، بينما يكون النصف الشتوي جافاً . كما أن أزمنة بداية ، ودوام ، ونهاية الفصل المطير عامل أساسي في الأنشطة الزراعية . وفي العروض الوسطى ، فإن التوزيع الفصلي يختلف حسب موقع المنطقة من حزام الرياح الغربية الرطبة من جهة ، والرياح التجارية من جهة أخرى . فالسواحل الغربية من القارات العروض المعتدلة الدافئة ــ كما هو الحال عليه في حوض البحر المتوسط ، وكل المناطق الواقعة عند نفس خطوط عرضه في نصفي الكرة ــ فإن النصف الشتوي من السنة هو الفصل المطير ، بينما يكون النصف الصيفي جاف خال من المطر .

ولو حاولنا أن نستعرض الاختلافات اليومية في التهطال ، لوجدنا أن الأمر أكثر تعقيداً مما هو عليه في النظام الفصلي ، بخاصة في العروض الوسطى والمرتفعة . وللنظام اليومي للتهطال تأثيرات واضحة على العديد من الأنشطة البشرية ، فهو يؤثر على حركة النقل الجوية ووسائط المواصلات الأخرى ، وخاصة الطرق البرية غير الممهدة وغير المعبدة ، بالإضافة أيضاً إلى تأثيرات أخرى على الأنشطة التي تمارس في الهواء الطلق ، بخاصة في مجال الأعمال

الزراعية . ففي العروض المنخفضة ، يمكن التحدث عن نظام يومي للأمطار تحدده طبيعة الأمطار الحملانية هناك ، ذلك أن أعظمي التهطال يصل إلى أشده في ساعات ما بعد الظهيرة عندما تبلغ درجة الحرارة النهارية أقصاها ــ كما نجد أعظمي ثانوي في ساعات الصباح الأولى نتيجة التبريد الإشعاعي ــ وهطول أمطار خفيفة ــ . ومثل هذا النظام اليومي نجده في صيف العروض المعتدلة في نطاق الغربيات الدائمة طوال السنة .

أما في العروض المعتدلة التي يسود عند سواحل قاراتها الغربية نظامٌ بحري ، فإن النظام اليومي يتميز بهطول وفير في ساعات الليل والصباح الأولى عندما تكون اليابسة أبرد من البحر ، مما يترتب على ذلك تحرك للهواء الرطب الأقل استقراراً مؤدياً إلى هطولات وفيرة ، ومثل هذا النظام نجده على طول سواحل المحيطات والبحار والبحيرات الكبرى ، غير أن الوضع الفعلي لا يتوافق مع ذلك ، بسبب المنخفضات الجوية الجبهية التي يكثر ترددها والتي تخلق نسقاً غير منتظماً في سير الأمطار اليومية ، مما يمكننا أن نجد أحياناً في أي فترة من فترات اليوم نهاية عظمى مطرية .

الثلـــج

إن ما يدلنا على الترابط ما بين هطول الثلج وانخفاض درجة الحرارة ، هو تمركز هطول الثلج في المرتفعات ، وفي العروض العليا ، وأيضاً مع توارد كتلة هوائية باردة (جبهة باردة) . والثلج ليس مطراً متجمداً ــ كما يظن الناس ــ ، بل إنه صورة من الصور المائية الصلبة التي انتقل فيها بخار الماء

مباشرة إلى الحالة الصلبة متجاوزاً المرور بالحالة السائلة . فعندما تنخفض درجة الحرارة إلى ما دون التجمد في غيوم الطبقي المتوسط (الألتوكومولوس) أو المزن الطبقي (النيمبوستراتوس) ، يحدث تحول لجزء من بخار الماء الموجود فيها إلى بلورات جليدية ــ بخاصة في حال توافر نويات تجمد ، وهي أجسام غريبة يتجمد فوقها بخار الماء ــ تنمو عن طريق اصطدامها مع بعضها واتحادها فيما بينها أثناء حركتها نحو الأسفل ، وترسب فوقها أيضاً بعض من نواتج تبخير قطرات الماء فوق المبردة ــ وفقاً لنظرية بيرجيرون ــ . ويشترط عند هطول الثلج أن لا تنخفض درجة الحرارة دون ٤° م ، وكلما كانت درجة الحرارة أخفض كانت فرص احتمال هطول الثلج أكبر ، لذا نجد أن العواصف الثلجية في بلادنا تقترن بالجبهات الهوائية الباردة في المنخفضات الجوية ، كما أن الظروف الملائمة للتهطال الثلجي تتوافر في المرتفعات العالية ، لذا يكون التهطال الثلجي وفيراً في تلك المرتفعات . ويتعرض الثلج أحياناً أثناء هطوله إلى ذوبان جزئي أو كلي، وهذا يتوقف على درجة حرارة الطبقة الهوائية الفاصلة بين قاعدة الغيمة المثلجة وسطح الأرض، فإذا كانت درجة الحرارة أعلى بكثير من درجة التجمد حدث ذوبان كلي للثلح متحولاً إلى مطر، أما إذا كانت درجة الحرارة قريبة من درجة التجمد فإنه يتعرض لذوبان جزئي ، فيهطل بشكل خليط (ثلج ومطر) . وإذا ما تدنت درجة الحرارة كثيراً دون التجمد تصبح شرائح الثلج صغيرة وجافة تشبه المسحوق ، مما يفقد الثلج خاصية تسبب الانزلاق فوق سطحه .

وقد يحدث أحياناً أن تنمو شرائح الثلج كثيراً في الغيمة ، ولعل أكبر ما رصد منها تم في ولاية مونتانا الأمريكية عام ١٨٨٦ في موقع فورت كيوغ (قلعة كيوغ) حيث هطل بعض منها في أرض خالية بالقرب من القلعة مكونة بقعاً واسعة بيضاء ، بلغ عرض الواحدة منها ٣٨ سم ، وسمكها ٢٠ سم . ورصدت أيضاً في أماكن أخرى شرائح من الثلج كانت الواحدة منها تملأ قدح الشاي .

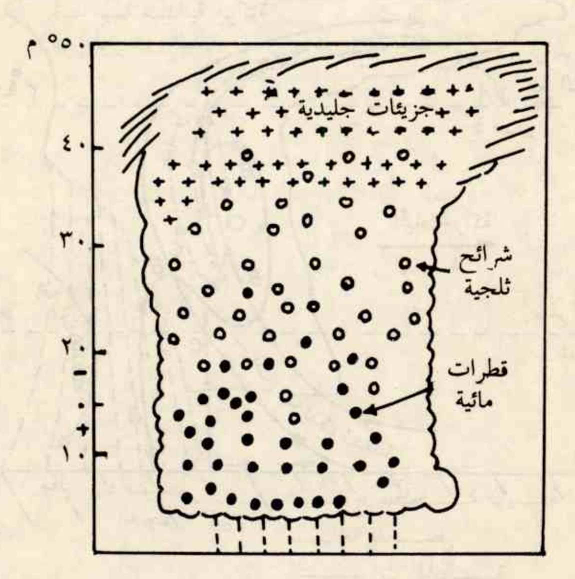
ويكاد يتركز هطول الثلج في سورية في أشهر الشتاء الثلاثة ــ وبخاصة شهري كانون الثاني وشباط ــ وتشهد المناطق المرتفعة ــ لا سيما المرتفعات الغربية ــ أكبر عدد من أيام التهطال الثلجي (٥ ــ ١٥ يوماً في السنة) ، وتسجل أكبر سماكة للثلج الهاطل (ما يزيد عن ٣٠ سم سنوياً) ، بينما يندر هطوله في السهل الساحلي وفي الأجزاء الشرقية الجافة .

البَــرَد

البرد ؛ عبارة عن كرات جليدية تكون الواحدة ــ في العادة ــ بحجم حبات الخرز (قطر حوالي ٠,٥ سم) . غير أنه كثيراً ما تسقط حبات من البرد يصل قطرها أحياناً إلى أكثر من عشرة سنتيمترات ، ووزنها ما يزيد عن نصف كيلوغرام .

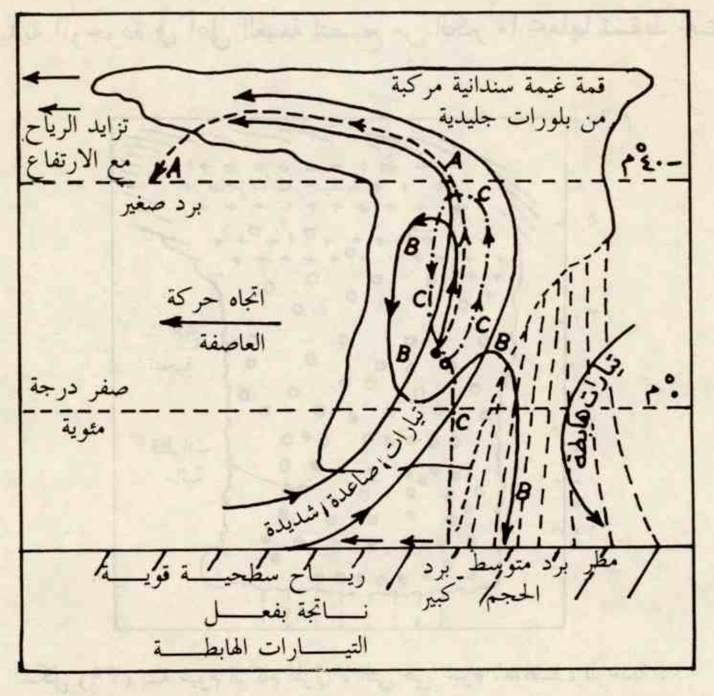
وتعد غيوم الركام المزني (كومولونيمبوس) الغيوم الوحيدة التي تسبب سقوط البرد . وهي غيوم العواصف الرعدية المتصفة بشدة اضطرابها ، والمكونة في العروض الوسطى من ؛ قطرات مائية سائلة في

قطاعها الأسفل ، وقطرات مائية فوق مبردة مختلطة مع شرائح ثلجية في قطاعها الأوسط ، وفي قطاعها الأعلى نجد جزئيات جليدية . ولما كانت مثل هذه الغيوم تتصف بكونها أدفأ مما حولها ، لذا تنشأ داخلها تيارات صاعدة تحمل قطرات الماء المبردة ، وغير المبردة إلى ارتفاعات شاهقة تبلغ درجة الحرارة عندها بحدود − ٤٠° ــ إلى ٥٠° م (شكل ٣٩) لتكون السيادة هناك لبلورات الجليد ، مما يجعل تلك القطرات تتجمد حول بلورات الجليد متحولة إلى كرات جليدية صغيرة تستقطب حولها بعض البلورات الجليدية الموجودة في أعلى الغيمة لتصبح من الكبر ما يجعلها تسقط تحت



الشكل (٣٩) بنية غيوم الركام المزني ، التي هي غيوم العواصف الرعدية ، والتي يسقط منها البرد

تأثير ثقلها . وحسب قوة التيارات الصاعدة ، ووزن الكرات الجليدية المتشكلة ، فإنه من الممكن أن تتعرض إلى عدة عمليات رفع . فعند هبوطها إلى مستوى القطرات المائية يحدث انتقال جزء من بخار الماء ليترسب فوق حبة البرد على شكل شرائح ثلجية بيضاء ، ولترتفع ولتترسب عليها أيضاً بعض البلورات الجليدية ، ولتسقط مرة أخرى ... وهكذا يمكن أن ترتفع عدة مرات ، مما يجعل حبات البرد تبدو بشكل طبقات متعاقبة ــ شكل (٤٠) ــ . غير أن الدراسات الحديثة ترفض عملية الرفع والهبوط المتكرر ،



الشكل (٤٠) آلية نمو حبة البرد وفق نظرية الصعود والهبوط المتكرر (أ)



الشكل (٤٠) مقطع عرضاني في حبة برد ، يبين تشكل الطبقات فيها (ب)

وتقر فقط بعملية رفع أساسية واحدة تتجمد بفعلها قطرات الماء وتتجمع حولها بلورات الجليد لتسقط ، وهي في طريقها تقوم بتجميع بعض المكونات الأخرى ، ويختلف حجم المواد المتجمعة حولها باختلاف سرعة سقوطها فإذا كانت بطيئة كبر حجمها أكثر ، والعكس .

وبما أن تشكل البرد وسقوطه يتطلب نشاطاً كبيراً في التيارات الصاعدة ، واحتواء الغيمة الركامية المزنية على مكونات مختلفة (قطرات مائية ، شرائح ثلجية ، بلورات جليدية) ، لذا يمكن القول أنه من النادر أن يسقط في المناطق القطبية ، والمناطق المدارية الحارة . وأكثر مناطق

سقوطه بين خطي عرض ٣٠ ـــ ٦٠ درجة شمالاً وجنوباً . وفي العروض المعتدلة الباردة ، يكثر سقوط البرد في فصلي الصيف والربيع . أما في العروض المعتدلة الدفيئة ـــ وبالتحديد في الإقليم المتوسطي ـــ فإن سقوط البرد يتركز في الشتاء مرافقاً للجبهات الباردة الشديدة الفعالية ، وفي الربيع مقترناً بالتيارات الهوائية الحملانية ، وأكثر أوقات حدوثه فيما بعد الظهيرة ، بينما يكاد يختفي في الليل .

ويتسبب البرد في بلادنا في إحداث أضرار بالغة إذا سقط في بداية فصل الربيع في موسم عقد ثمار الأشجار ، وفي آواخر الربيع (نيسان ـــ أيار) في بداية نضج المحاصيل الحقلية كالقمح والشعير بجانب تأثيراته على وسائط النقل في أي وقت يسقط فيه .

الفصل السابع

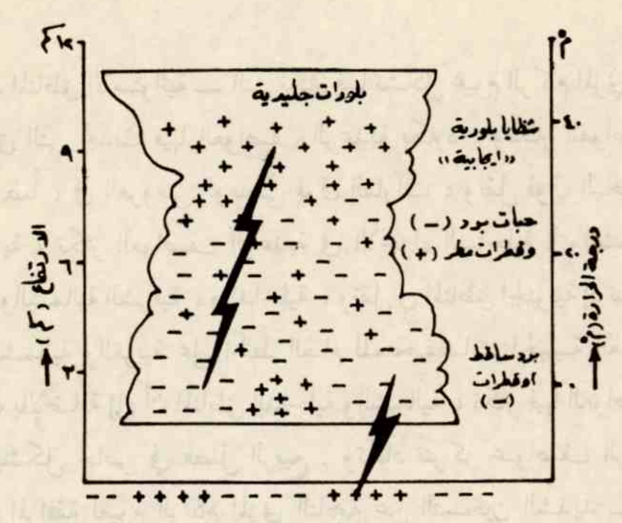
العواصف والأعاصير

تشكل العواصف والأعاصير أشد حالات الجو اضطراباً وعنفاً . وقد يتسبب عنها إذا ما استمرت طويلاً الخراب والدمار . وإذا كانت كل من العواصف والأعاصير تمثل — حسب مقياس بيفورت لسرعة الرياح — مراحل من شدة عنف الحركة الجوية ، فإن الإعصار يمثل أقصى درجات الاضطراب عنفاً ، وتكون العاصفة أقل منه بدرجة . وتتمثل أهم العواصف ، بالعواصف الرعدية ، والعواصف أو الزوابع الريحية التي تكون متربة أحياناً في المناطق الجافة . أما أهم الأعاصير فتكاد تتمثل بالدرجة الأولى بتلك الأعاصير المتصفة بحركة دائرية عنيفة ، كما في أعاصير المنطقة المدارية (الهوريكان ، التيفون) ، وكما في إعصار التورنادو الذي يحدث في العروض المتوسطة ، وأحياناً عند السواحل الغربية من قارات العروض المدارية ، ويمكن اعتبار الاضطرابات الجوية في العروض الوسطى — بخاصة ما كان منها عنيفاً — نمطاً من الأعاصير التي تمر بمراحل تطورية تختلف في شدتها وعنفها لتبلغ في بعض مراحل تطورها شدة توصلها لمرحلة الإعصار ، بما يتولد عنها من رياح شديدة السرعة وأمطار غزيرة ، وعواصف رعدية .

العواصف الرعدية

العاصفة الرعدية ؛ ظاهرة جوية كهربائية ، وهي واحدة من التفريغات الكهربائية الفجائية . وتعد من الظواهر الكثيرة الحدوث في أرجاء الأرض كافة ، ما عدا المناطق القطبية . والرعد الذي نسمعه ما هو سوى نتاج تفريغ الشرارات الكهربائية التي تعرف بالبرق . وتتم التفريغات الكهربائية إما بين الغيوم الرعدية نفسها ، أو بينها وبين سطح الأرض ، لذا درج التمييز ما بين البرق (تفريغ كهربائي بين الغيوم) ، والصاعقة (تفريغ كهربائي بين الغيوم وسطح الأرض) .

وتشكل غيوم الركام المزني غيوم العواصف الرعدية ، لما تتصف به من عنف ، وعظم انتشار شاقولي ، حيث تكون قمة تلك الغيوم ذات شحنة كهربائية موجبة ، وقاعدتها ذات شحنة سالبة ، في حين تكون الشحنة الكهربائية لبعض أجزاء سطح الأرض موجبة ــ شكل (٤١) ــ . فعندما يصل فارق الجهد الكهربائي (الكمون) ما بين مناطق الشحنات المختلفة إلى أشده ، يحدث اندفاع قوي للشحنات السالبة تجاه الشحنات الموجبة ، متولداً عن ذلك تيار كهربائي ذو وميض شديد (البرق ، الصاعقة) . وعلى طول مسار ذلك التيار الكهربائي تتولد حرارة تعمل على تسخين سريع للهواء (تزيد حرارته بفعل ذلك عن ١٠٠٠° م) وتمدده بسرعة فائقة محدثاً فرقعة كبيرة هي ما تعرف بالرعد . لذا فإن صوت الرعد الذي نسمعه هو نتاج الشرارة الكهربائية التي نراها ، وهو لا حق لها ــ رغم أنهما متوافقان بالحدوث ، وإن كان أحدهما نتاج الآخر ـ لكون



الشكل (٤١) التفريغ الكهربائي داخل الغيمة (برق) وبينها وبين سطح الأرض (الصاعقة)

سرعة الضوء (سرعة انتقال وميض الشرارة الكهربائية) ، أكبر من سرعة الصوت (٣٣٠ م/ ثا) .

ومن المؤكد أن مناطق الصعود الهوائي الشديد ، هي الأكثر ملاءمة لتشكل غيوم العواصف الرعدية المتصفة بنمو رأسي كبير ، وبفاعلية كهربائية شديدة ، مع مايرافق ذلك من أمطار غزيرة ، وسقوط برد . وبوجه عام ، فإن أغلب العواصف الرعدية ، هي عواصف محلية لا يزيد اتساع قطر الواحدة منها عن عدة كيلومترات ، غير أنها قد تتابع أحياناً في شكل سلسلة على طول خط يبلغ امتداده أكثر من ١٠٠ كم ، وعرضه بين ٢٥ ــ ٧٥ كم ، يتوافق مع خط امتداد الجبهة الباردة من المنخفض الجوي الجبهي المترافقة بغيوم رعدية .

وتعد المناطق الاستوائية ــ التي يكثر فيها تشكل غيوم الركام المزني ــ من المناطق التي تحدث فيها العواصف الرعدية بكثرة . وتكثر العواصف الرعدية أيضاً ، في العروض الوسطى فوق القارات ، وتقل فوق البحار . وفي سورية ، تكثر العواصف الرعدية في الأجزاء الساحلية ، والشمالية الغربية ، والشمالية الشرقية ، والداخلية ، وتقل في المناطق الجنوبية إذ تنطبق المناطق الشمالية والغربية على الخط العام للمنخفضات الجبهية العابرة لسورية ، بالإضافة إلى أن المناطق الداخلية والشمالية ، تكثر فيها العواصف المحلية ، بشكل خاص في فصل الربيع . وتكاد تتركز عواصف الرعد المحلية ــ المرافقة لغيوم الركام المزني الناجمة عن التسخين الشديد ــ في ساعات ما بعد الظهيرة ، بينما يمكن أن تحدث عواصف الرعد المرافقة للجبهة الباردة في أية فترة من اليوم ، وإن كانت تكثر في ساعات ما بعد الظهيرة ، وساعات الليل الأولى .

وإذا كانت العاصفة الرعدية مؤشر على حدوث اضطراب في الجو ، فإنها بشير هطول أمطار وفيرة ، غير أنها تحمل في طياتها مصادر خطر ، تتمثل في بعض التفريغات الكهربائية نحو سطح الأرض (الصاعقة) التي قد تؤدي إلى حرائق وخسائر بشرية ومادية ، بجانب ما يمكن أن تدره غيوم العواصف الرعدية من هطولات صلبة (بَرد) تلحق أضراراً جسيمة في الحاصلات الزراعية ... وغيرها ، إذا كان حجمها كبيراً . ودائماً ، فإن البروزات فوق سطح الأرض هي الأكثر تعرضاً للصاعقة (بناء منعزل ، شجرة منفردة ، مكان أثري مرتفع ... إلخ) والشواهد على ذلك كثيرة .

العواصف الريحية والترابية

تمثل العواصف الريحية ، رياحاً شديدة السرعة لا تقل سرعتها الوسطى عن ١٧ م/ ثانية . وتكاد تلك العواصف الشديدة تتركز في فصل الشتاء ــ في العروض المعتدلة ــ لتقل بشكل واضح في فصل الصيف . وتتصف عموماً ببرودتها في فصل الشتاء ، لأنها تهب في مؤخرة المنخفضات الجوية العابرة ، وحيثما يكون انحدار الضغط شديداً . ويبلغ المعدل السنوي لعدد الأيام التي تحدث فيها عواصف ريحية في دمشق حوالي ١٦ يوماً .

أما العواصف الترابية ، فهي عبارة عن رياح شديدة السرعة أيضاً دافئة عموماً كونها تهب من الجهة الجنوبية الشرقية (رياح خماسين تحدث بكثرة في أشهر الربيع والخريف ، خاصة في شهري نيسان وأيار) . وتعد المنطقة الشرقية من سورية من أكثر المناطق السورية تعرضاً لمثل تلك العواصف .

الأعاصير

لاختلاف الأعاصير في العروض الوسطى عما هي عليه في العروض المنخفضة بآلية تشكلها ، وشدة اضطرابها ، وما ينجم عنها من آثار سلبية أو إيجابية ، يمكن تقسيمها إلى نوعين :

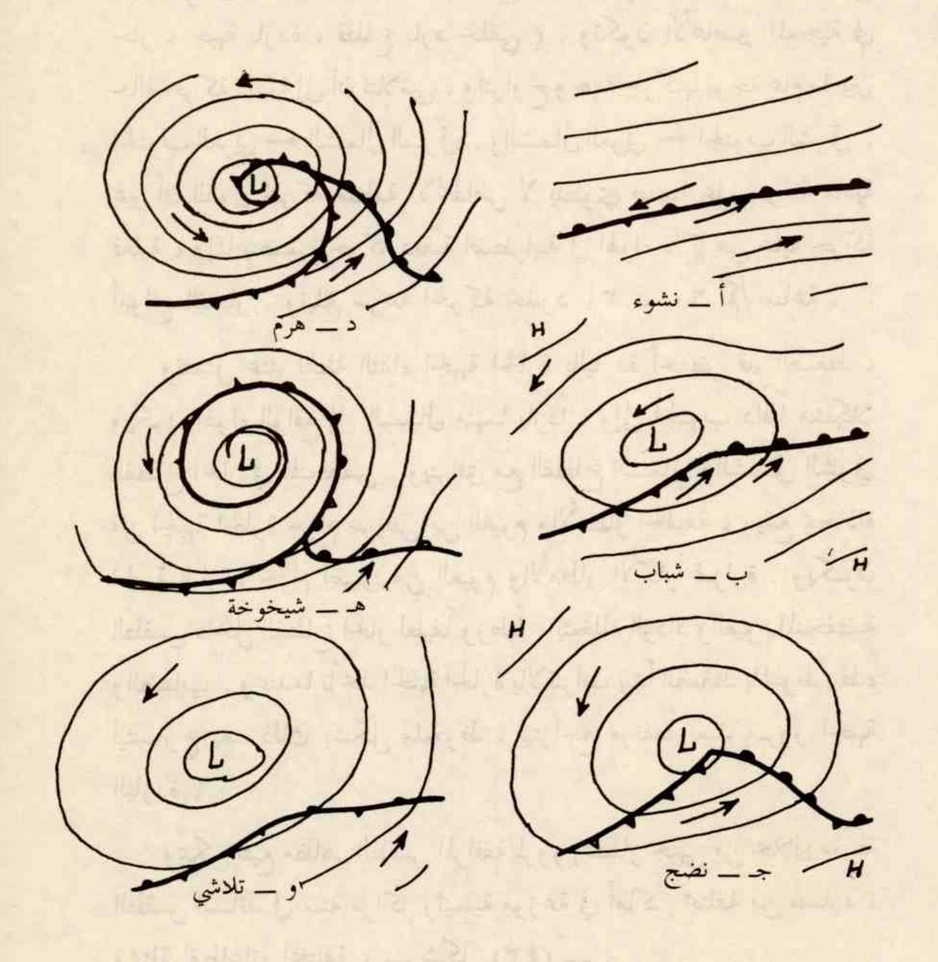
١ ــ أعاصير العروض الوسطى :

وتتمثل في نموذجين ؛ أحدهما وهو الأكثر شيوعاً والأقل عنفاً ، ويعرف بالأعاصير الجبهية . والآخر وهو الأقل شيوعاً ، والأكثر عنفاً ، يعرف بأعاصير التورنادو .

أ ـ الأعاصير الموجية (الجبهية)

هي تلك الاضطرابات الجوية المرافقة للمنخفضات الجوية الجبهية ، وتكثر في نطاق الرياح الغربية في العروض الوسطى . ويبدأ ظهور تلك الأعاصير على شكل تموجات صغيرة على طول جبهة جوية كبرى ـ كما في الجبهة القطبية الفاصلة بين غربيات العروض الوسطى والشرقيات القطبية ـ . وما إن تبدأ الموجات الصغيرة بالتنقل حتى تأخذ بالكبر والاتساع والتوغل ضمن سطح الانفصال الجبهي ـ شأن موجات البحار ـ مما يؤدي إلى تشكل منطقة منخفضة الضغط تقوم بجذب الهواء البارد نحو مركزها في حركة معاكسة لحركة عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي . وبهذه الحالة تتكون جبهتين إحداهما حارة والأخرى باردة تشكلان البنيان الأساسي للمنخفض الجوي الجبهي . وتشغل الجبهة الحارة مقدمة المنخفض ـ وهي التي تفصل بين الهواء الحار في الخلف والهواء البارد في المقدمة ـ ، بينما تشغل الجبهة الباردة مؤخرة المنخفض ـ وهي التي تفصل بين الهواء الحار في مقدمتها والهواء البارد في خلفها ـ . وتكون الجبهة الحارة أقل انحداراً من الجبهة الباردة ، لذا فإن حركة الصعود الهوائية تكون أعنف في الجبهة الباردة ، وظواهر الطقس تكون أشد اضطراباً .

ويمر الإعصار الجبهي ـ كما هو معروف ـ بمراحل تطورية (نشوء ، شباب ، نضج ، شيخوخة ، تلاشي) ، يبلغ أشدها في مرحلة النضج لما يصاحب هذه المرحلة من ظواهر طقس متنوعة وكاملة ـ شكل (٤٢) ـ . وتختلف مظاهر الطقس المرافقة لمنخفض جبهي ناضج من جزء



الشكل (٤٢) مراحل تطور المنخفضات الجوية الجبهية

إلى آخر من الأجزاء المكونة له (قطاع بارد أمامي ، جبهة حارة ، قطاع حار ، جبهة باردة ، قطاع بارد خلفي) . وتكون الأعاصير الموجية في حالة حركة دائمة إلى أن تتلاشى ، وتتراوح وجهة حركتها بوجه عام ما بين الجنوب الغربي ← الشمال الشرقي ، والشمال الغربي ← الجنوب الشرقي . غير أن القول بحركة منطقة الانخفاض لا ينطوي ضمناً على حركة مادية فعلية ، وإنما يتضمن حركة دفقية اضطرابية في الهواء ، كما هي عليه حركة أمواج البحار . وتبلغ سرعة الحركة بحدود ٣٠ ــ ٦٠ كم/ ساعة .

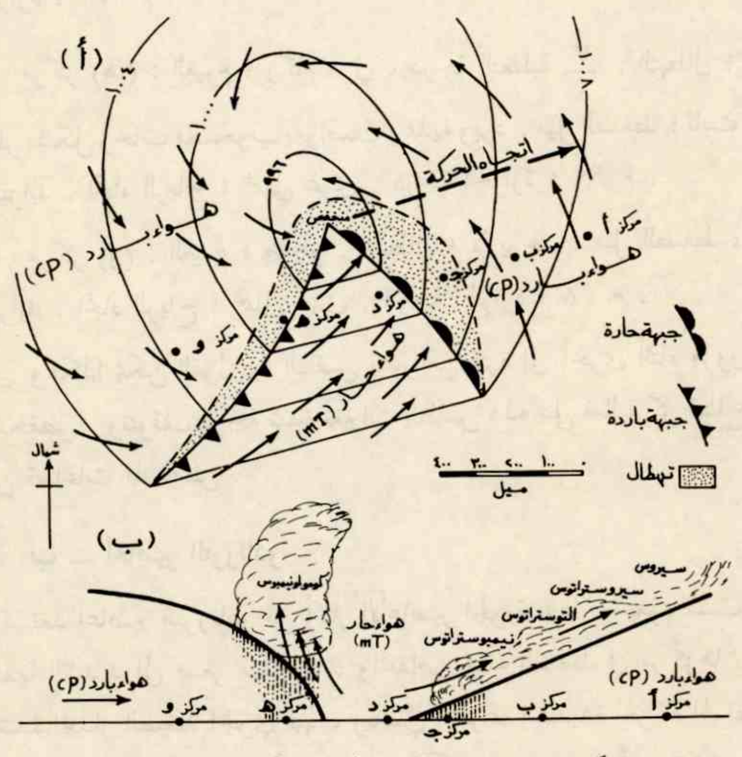
وتتمثل عند نقطة التقاء الجبهة الحارة بالباردة أخفض قيم الضغط ، ويكون الهواء الواقع إلى الشمال منهما بارداً ، وإلى الجنوب دافئاً مشكلاً القطاع الحار في المنخفض . ويترافق مع القطاع الشمالي والشمالي الشرقي من الجبهة الحارة حزام عريض من الغيوم والأمطار الخفيفة ، ويقع بمحاذاة الجبهة الباردة حزام أضيق من الغيوم والأمطار الأكثر غزارة . ويكون الطقس داخل القطاع الحار لطيفاً ورطباً ، يتخلله الرذاذ والغيوم المنخفضة والضباب . وعندما تأخذ الجبهة الحارة بالاقتراب يبدأ الضغط بالهبوط ببطء ليتسارع بعد ذلك بشكل ملحوظ ، ليتراجع مرتفعاً بعد مرور الجبهة الباردة .

ويمكن تتبع مظاهر الطقس المرافقة لمرور إعصار جبهي من خلال معرفة الطقس السائد في ستة مراكز رئيسية موزعة في أماكن مختلفة من مساره ، وممثلة لقطاعاته المختلفة ، ــ شكل (٤٣) ــ :

مركز (أ) : الغيوم ؛ سمحاق ، وسمحاق طبقي . السماء مغطاة

بالغيوم بنسبة $\frac{١}{٨}$ إلى $\frac{٢}{٨}$. التهطال ؛ معدوم . ميل الضغط ؛ متناقص . اتجاه الرياح ؛ شرقي إلى جنوبي شرقي . درجة الحرارة ؛ ١٣° م .

مركز (ب) : الغيوم ؛ طبقي متوسط ، درجة التغطية $\frac{٦}{٨}$ التهطال ؛ معدوم . ميل الضغط متناقص . اتجاه الرياح ؛ شرقي إلى جنوبي شرقي . درجة الحرارة ؛ ١٣° م .



الشكل (٤٣) ظواهر الطقس المصاحبة لمنخفض جبهي ناضج

مركز (جـ) : الغيوم ؛ مزن طبقي ، السماء مغطاة كلياً بالغيوم . التهطال ؛ خفيف ، ولكن الأمطار تهطل باستمرار . ميل الضغط ؛ متناقص . اتجاه الرياح ؛ جنوبي شرقي : درجة الحرارة ؛ ١٤° م .

مركز (د) : الغيوم ؛ بعض غيوم ركام ، درجة التغطية $\frac{٢}{٨}$ ، التهطال؛ معدوم . ميل الضغط ؛ ثابت . اتجاه الرياح ، جنوبي غربي . درجة الحرارة ؛ ٢٢° م .

مركز (هـ) : الغيوم ؛ ركام مزني ، درجة التغطية $\frac{٧}{٨}$. التهطال ؛ مطر بشكل زخات مصحوب بعواصف رعدية وبَرَد . ميل الضغط ؛ ثابت فمتزايد . اتجاه الرياح ؛ شمالي غربي . درجة الحرارة ؛ ٩° م .

مركز (و) : الغيوم ؛ صحو . التهطال ؛ لا يوجد . ميل الضغط ، متزايد . اتجاه الرياح ؛ شمالي غربي . درجة الحرارة ؛ ٨° م .

وهكذا يمكن القول أن الطقس يتغير من فترة إلى أخرى أثناء مرور المنخفض . وتتوقف درجة شدة تغيرات الطقس هذه على فعالية كل قطاع من قطاعات المنخفض .

ب ــ أعاصير التورنادو

تعد أعاصير التورنادو من أكثر الأعاصير الجوية عنفاً . ويعود سبب عنفها الشديد إلى صغر مساحتها ، وانخفاض قيمة الضغط في مركزها ، وشدة انحدار الضغط الجوي فيها ، وبالتالي السرعة الشديدة لحركة الهواء حول مركزها التي تصل إلى أكثر من ٤٠٠ كم/ ساعة مما يجعل أجهزة قياس

سرعة الرياح تعجز عن العمل لما يصاحبها من تدمير وتخريب من جراء مثل تلك السرعة ، ولا يزيد نصف قطر الإعصار عن كيلو مترٍ واحدٍ ، ويمكن أن تهبط قيمة الضغط في مركزه إلى أقل من ٨٠٠ مليبار .

وتنشأ أعاصير التورنادو من عدم استقرار زائد في الغلاف الجوي ، وفي بقعة محدودة المساحة . وتبدو أولاً كغيمة قمعية الشكل تمتد إلى الأسفل من قاعدة غيمة ركامية مزنية ــ شكل (٤٤) ــ ، وما أن تلمس تلك الغيمة الأرض حتى يحل الدمار ، وتهطل الأمطار الفيضانية . ومن الممكن



الشكل (٤٤) اعصار تورنادو

حدوث مثل هذه الأعاصير ــ في العروض الوسطى ــ في مقدمة الجبهات الباردة ، عندما يكون الهواء الحار رطباً جداً وغير مستقر ويسير في ممر موازٍ لتلك الجبهات لمسافة قصيرة تقارب من ٨٠ كم أو أكثر ، بسرعة أفقية تتراوح بين ٥٠ ــ ٧٥ كم في الساعة . وأكثر مناطق حدوث تلك الأعاصير حتى خط عرض ٤٥ درجة في العروض الوسطى ، كما نجدها أيضاً عند السواحل الغربية من المناطق المدارية حتى خط عرض ١٥ درجة من جهة القطبين . وأكثر مناطق حدوثها في العالم تتمثل في الولايات الوسطى من الولايات المتحدة الأمريكية في أشهر الربيع وأوائل الصيف ، وفي أستراليا تحدث بنسبة أقل .

وتتكون أغلب أعاصير التورنادو فوق البحار ، ثم تنتقل نحو اليابس لتخلق فيها الدمار قبل أن تتلاشى . والشواهق المائية التي نراها فوق البحار تشبه إلى حد كبير أعاصير التورنادو ، إذ نجدها تقوم بسحب الماء لارتفاعات عالية ، كما يسحب إعصار التورنادو التراب والحطام من فوق اليابس .

وكثيراً ما تتعرض المناطق الجافة المفككة التربة إلى دوامات هوائية بقطر صغير تثير بداخلها الجزيئات الترابية ــ وكأنها صورة مصغرة لأعاصير التورنادو ــ . وتنجم مثل تلك الدوامات عن التسخن الشديد المتفاوت لسطح الأرض الجافة المفككة التربة ، متولداً عنه حالة من عدم الاستقرار الزائد ، تؤدي إلى تحرك الهواء حركة رأسية بسرعة شديدة حاملاً معه الأتربة .

الأعاصير المدارية

رغم أن مناخ المناطق المدارية يتصف بالرتابة والانتظام ، إلا أنه يتعرض في بعض الأحيان إلى اضطرابات كبرى تخل بانتظامه ورتابته ، وتحدث آثاراً كبيرة على كافة المظاهر الجغرافية ، حياتية أو غير حياتية . وتكاد تتمثل تلك الاضطرابات فيما يعرف بالأعاصير المدارية التي لم يزل الكثير من أسرار نشأتها غير معروف بدقة حتى الآن .

وهي عبارة عن مناطق ضغط منخفض ، ذات بنية عاصفية دائرية تقريباً ، تتصف بشدة انخفاض الضغط في مركزها ، وشدة انحداره ، وبسرعة حركة الهواء الدورانية الرأسية فيها . فنصف قطر الإعصار المداري يتراوح بين ١٦٠ ــ ٦٥٠ كم ، وسرعة حركة الهواء تتراوح بين ١٠٠ ــ ٢٠٠ كم/ ساعة . وتقارب مدة ديمومة حياة الإعصار المداري أسبوعاً ، وهو يتنقل في حركة من الشرق نحو الغرب بمعدل ١٥ ــ ٣٠ كم/ ساعة .

ولا تنشأ الأعاصير المدارية فوق اليابسة ، وإنما تتشكل فوق البحار لتتلاشى عندما تبلغ اليابسة أو تنتقل نحو سطوح مائية باردة . فالبحار المدارية هي موطنها ، وتأخذ أسماء مختلفة في مناطق تشكلها (الهوريكان في خليج المكسيك ، التيفون في الصين ، الباغيو في الفيليبين ، الويلي ويلي في أستراليا ، الأعاصير المدارية في بحر العرب) . ويتركز حدوثها في الفصل الحار ، كما هو مبين في الجدول التالي لمناطق تشكلها وفصلية حدوثها .

المنطقة	الفصل	الاسم المحلي
ـ جزر الكاريبي ، ساحل الأطلسي الجنوبي من الولايات المتحدة ، خليج المكسيك ، فلوريدا	حزيران ـ تشرين ١	هوريكان
ـ بحر الصين ، جنوبي اليابان	تموز ـ تشرين ١	تيفون
ـ جزر الفيليبين	أيار ـ تشرين ١	باغيو
ـ المحيط الهندي الشمالي ، خليج البنغال والهند الجنوبية	نيسان ـ كانون ١	إعصار مداري
المحيط الهندي الجنوبي ، مالاغاشي	تشرين ٢ ـ نيسان	إعصار مداري
ـ المحيط الهادي الجنوبي ، ساحل أستراليا الشمالي	كانون ١ ـ نيسان	ويلي ويلي

وعلى الرغم من أن منشأ الأعاصير المدارية ليس واضحاً ، إلا أن الشروط الملائمة لتشكلها وتطورها ، يمكن حصرها فيما يلي :

١ ـ منطقة محيطية كبيرة مع درجة حرارة سطحية للماء تزيد عن ٢٦,٧° م لتؤمن هواءً رطباً حاراً فوقها .

٢ ـ قوة كوريولوس كبيرة كافية لتسبب حركة دوامية إعصارية للهواء . لهذا السبب فإن الأعاصير المدارية لا تتشكل فيما بين خطي عرض ٥ شمال خط الاستواء وجنوبه .

٣ ـ تدفق هوائي في المستوى العلوي فوق الاضطراب السطحي .

٤ ـ قص ريحي شاقولي ضعيف في التيار الرئيسي ، لهذا السبب فإن تشكل الأعاصير يكون فقط في العروض المواجهة لخط الاستواء من التيار النفاث شبه المداري المتميز بقص ريحي شديد .

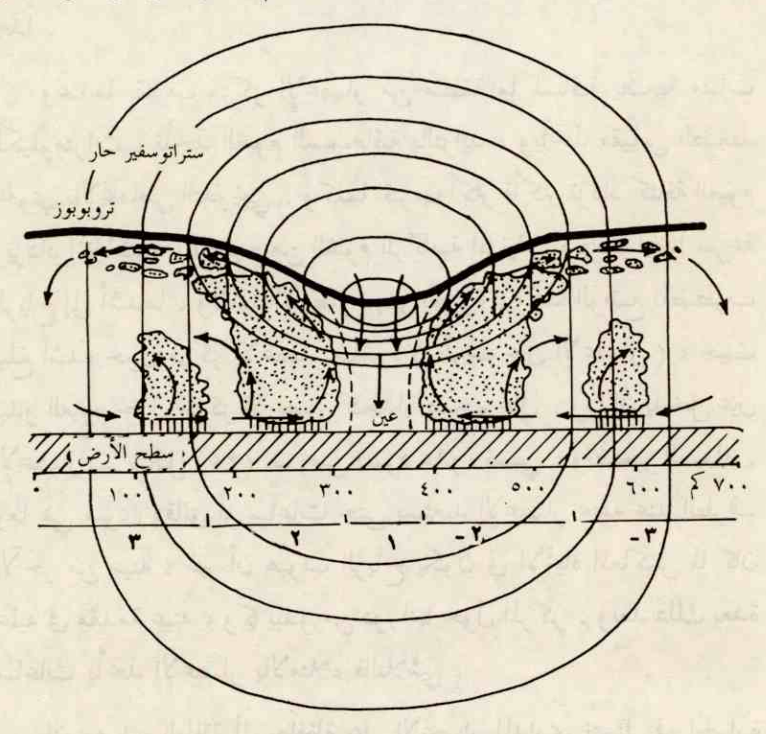
وتبدو خطوط الضغط المتساوية في الإعصار متقاربة جداً من بعضها ، ومتحلقة بشكل دائري تقريباً حول أدنى قيمة ضغط في المركز يمكن أن تتدنى إلى أقل من ٩٠٠ مليبار ، ولذا يكون انحدار الضغط شديداً جداً . ويبدو الإعصار في منطقته المركزية ـــ المعروفة بعين الإعصار ـــ التي يتراوح قطرها بين ١٠ ـــ ٥٠ كم ، هادئاً ، حتى ليبدو الجو صحواً في معظم الأحيان ، أو ذو غيوم قليلة مع أمطار خفيفة ، ورياح ضعيفة السرعة جداً .

وعندما يقترب مركز الإعصار من منطقة ما لمسافة بضعة مئات الكيلومترات ، تأخذ الغيوم السمحاقية بالتزايد ، ويأخذ مقياس الضغط الجوي بالانخفاض التدريجي . وكلما اقترب أكثر فأكثر تزداد كثافة الغيوم ويزداد انخفاضها ، لتصبح من الغيوم الركامية المزنية ، وتزداد أيضاً سرعة الرياح إلى أشدها ، وتأخذ الأمطار تنهمر بغزارة ، وهذا الوضع المضطرب يبلغ أشده حول مركز الإعصار مباشرة (طرف عين الإعصار) ، حيث تبدو الغيوم حول مركز الإعصار كجدار ضخم عالٍ . وما إن يدخل عين الإعصار ـــ شكل (٤٥) ـــ حتى يسود هدوء نسبي ، وتصحو السماء . وما هي سوى دقائق أو ساعات حتى يستعيد الإعصار عنفه عند الطرف الآخر من عينه ، غير أن هبوب الرياح يكون في الاتجاه المعاكس لما كان عليه في مقدمة عينه ، وكما يبدو من دورانها حول المركز . وبعد ذلك بعدة ساعات يأخذ الإعصار بالامتلاء فالتلاشي .

إن مصدر الطاقة للمحافظة على الإعصار المداري تتمثل في الحرارة

الكامنة في التكاثف ، وهذه تمثل إحدى العمليات الفيزيائية التي تتحول فيها كميات كبيرة من الطاقة الشمسية إلى طاقةحركية . ومعظم الأعاصير تتشكل فيما بين خطي عرض ٥ ـــ ٢٥ شمال خط الاستواء وجنوبه .

ونظراً للخسائر الجسيمة التي تتركها الأعاصير المدارية وراءها عند دخولها اليابسة قبل أن تتلاشى ، فقد بذلت جهود كبيرة لمراقبتها وتتبع مساراتها ، والإنذار بقرب وصولها ، باستخدام أجهزة الرادار ، والأقمار



الشكل (٤٥) بنية إعصار مداري

الصناعية ــ شكل (٤٦) ــ . كما تأسس في الولايات المتحدة الأمريكية برنامج مشترك عرف باسم Stormfury بين دائرة الأرصاد الجوية والبحرية الأمريكية لمحاولة الحد من أخطار الأعاصير ، وذلك بالعمل على إجراء بعض التعديلات فيها والتخفيف من حدتها .

وقد أجريت عدة تجارب تكلل بعضها بالنجاح ، كما في التجارب التي تمت في شهر آب عام ١٩٦٩ على إعصار « دِبي Debbie » . وكما في التجارب الأربعة التي أجريت في أيلول ــ تشرين الأول من عام ١٩٧١ على إعصار عند الساحل الشرقي من الولايات المتحدة .



الشكل (٤٦) صورة رادارية لإعصار مداري بتاريخ ١٧ آب عام ١٩٦٩ وهو يقترب من ولاية نيواورليانز الأمريكية

الفصل الثامن

ماذا عن الملامح العامة لتقلبات الجو في القطر العربي السوري

إن موقع سورية بالطرف الشرقي من البحر المتوسط في العروض المعتدلة الدافئة ، فرض عليها نظاماً مناخياً معيناً ، هو مناخ البحر المتوسط (المناخ المتوسطي) الذي يتصف بصيف حار جاف ، وشتاء بارد نسبياً ماطر ، مع فصلين انتقاليين (الربيع والخريف) تكثر فيهما الذبذبات الحرارية ، وتهطل بعض الأمطار . ومما لا شك فيه ، أن وراء تلك الصفات عدة عوامل تتمثل في ؛ الحركة الجوية الغربية المسيطرة بوجه عام ، مع حركات من جهات أخرى ، مع ما يصاحب الحركة الغربية شتاءً من منخفضات جوية جبهية تخلق اضطراباً في الطقس ، بجانب تأثير كل من الضغط المرتفع شبه المداري ، والأوراسي (السيبيري ــ الأوربي) والمنخفض الهندي الموسمي ، وأخدود السودان ــ البحر الأحمر[1] .

---

(١) أخدود السودان ــ البحر الأحمر ؛ منطقة من الضغط الجوي المنخفض تمتد بشكل متطاول على طول البحر الأحمر ــ السودان شمالاً لتصل تأثيراتها أحياناً حتى الأراضي السورية .

التباينات الفصلية في الأحوال الجوية

ففي **فصل الخريف** ؛ يظهر تأثير أخدود السودان ــ بخاصة في نصفه الأول ــ ممتداً شمالاً ليصل إلى سورية مترافقاً مع هبوب رياح جنوبية دافئة ، وأحياناً يخلق حالات من عدم الاستقرار واضطراباً في الجو وهطول أمطار غزيرة إذا ما ترافق في الطبقات العليا مع تقدم هواء بارد ، بينما يبدو تأثير الضغط المرتفع السيبيري واضحاً في نصفه الثاني . ويأخذ الضغط المرتفع شبه المداري بالانحسار تدريجياً نحو الجنوب ، كما تظهر بين الحين والآخر المنخفضات الجوية الجبهية عابرة البلاد محدثة بجبهاتها الحارة والباردة حالات من عدم الاستقرار واضطراب في الطقس .

أما في **فصل الشتاء** ؛ فيبرز تأثير الضغط المرتفع السيبيري والأوربي ، عن طريق اندفاع ألسنة منهما نحو شرقي البحر المتوسط ، ويتراجع الضغط المرتفع شبه المداري نحو الجنوب ، وتتقدم منخفضات الجبهة القطبية نحو البحر المتوسط ، لتصادف مياهاً دافئة ، وليحدث تجدد لبعض منها ــ ممن فقد نشاطه ــ نتيجة اندفاع الرياح الشمالية الباردة نحوها ، كما تتولد في مناطق معينة من البحر المتوسط منخفضات جوية جبهية جديدة . وفي الأوقات التي ينحسر فيها تأثير الضغط المرتفع السيبيري عن السواحل الشرقية للمتوسط تبدأ المنخفضات الجوية الجبهية بالوصول إلى السواحل الشرقية عابرة إياها مسببة في تغير الأحوال الجوية ، وفي مصادفتها للسلاسل الجبلية تتباطأ سرعتها وتقوى حركتها الصاعدة ، ويزداد الطقس اضطراباً .

ويتميز **فصل الربيع** بالانحسار الجزئي للضغط المرتفع الأوراسي ،

والتقدم المرحلي للضغط المرتفع شبه المداري (الآصوري) ، وانعكاس الحالة في التسخن بين اليابسة ومياه البحر المتوسط ، وتشكل المنخفضات الخماسينية ، وتقدم تأثير أخدود السودان شمالاً ، مما يزيد من فعالية المنخفضات الجوية فتحدث العواصف الرعدية وتهطل الأمطار العاصفية المحلية (الحملانية) بفعل تسخن اليابسة الشديد .

وما إن يحل **فصل الصيف** حتى يكون الضغط المرتفع السيبيري ــ الأوربي قد انحسر كلياً عن المنطقة ، وازداد انتشار الضغط المرتفع الآصوري (شبه المداري) ممتداً فوق الطرف الغربي من المتوسط باتجاه الشمال الشرقي نحو جبال الآلب وأوربا الجنوبية ، ويتبع ذلك انحراف شمالي لمركز تشكل الجبهة القطبية ولمسار المنخفضات الجوية الجبهية التي ينحصر مجال ترددها على المناطق الواقعة شمال خط عرض ٤٠ شمالاً . وفي الوقت نفسه يمتد أخدود من الضغط المنخفض الهندي الموسمي نحو الغرب عبر إيران والخليج العربي ليصل حتى ساحل المتوسط الشرقي ، وليشمل الطبقات السطحية حتى مستوى ٣٠٠٠ ــ ٤٠٠٠ م (٧٠٠ ــ ٦٠٠ مليبار) . واعتباراً من مستوى ٥٠٠٠ م تقريباً (٥٠٠ مليبار) وحتى سقف الغلاف الجوي السفلي (التروبوسفير) يطغى تأثير الضغط المرتفع شبه المداري ذو الحركة الجوية الهابطة والهواء الجاف .

وهكذا يظهر في فصل الصيف في منطقة شرقي البحر المتوسط التفاعل الوثيق بين الأخدود الهندي الموسمي الحار الجاف ذي المنشأ القاري ــ عند السطح ــ ، والضغط المرتفع شبه المداري الذي يعلوه وذي الحركة الجوية

الهابطة ، مما ينعكس ذلك في إيجاد صيف حار وجاف وهادىء بصورة عامة . وتزداد حدة موجات الحر الصيفية مع تطاول امتداد الضغط المرتفع الآصوري نحو شرقي البحر المتوسط وامتداد أخدود الهند الموسمي نحو الشمال الغربي ، ومع التغذية الجنوبية في طبقات الجو العليا للمرتفع شبه المداري بفعل هبوب الرياح الشرقية في الارتفاعات الوسطى من الجو (التروبوسفير) منتشرة نحو الشمال مع تزايد شدتها مع الارتفاع ، لتصل إلى قيمتها العظمى عند ارتفاع ١٢ ــ ١٥ كم فيما تعرف بالتيار النفاث الشرقي المداري .

وتلعب المنخفضات الجوية الجبهية الدور الأساسي في تقلبات الطقس في نصف السنة الشتوي . ويدخل إلى حوض البحر المتوسط عدة منخفضات من المحيط الأطلسي عبر طريقين ، أحدهما خليج غسقونيا وممر الغارون ــ كراكسون ، والآخر طريق مضيق جبل طارق . تجد تلك المنخفضات التي تصل في الفصل البارد الظروف الملائمة في خليج جنوة ، وأواسط البحر المتوسط وشرقيه ليتجدد ما هرم منها ، ولتتشكل منخفضات جديدة ، بفعل دفء مياه البحر ، والرياح الشمالية الباردة التي تندفع باتجاه البحر المتوسط . كما وتتشكل بعض المنخفضات في الصحراء الكبرى (منخفضات خماسينية) جنوب جبال الأطلس في شمالي إفريقيا لا سيما في فصل الربيع مندفعة نحو شرق البحر المتوسط ، وأثناء عبورها فوق المتوسط تتشبع ببخار الماء مما يصاحبها أثناء وصولها لسورية والأردن هطول

أمطار . كما تثير في بداية تأثيرها الأتربة والرمال وقد لا تتجاوز إثارة الأتربة[1] .

التباينات المكانية في الأحوال الجوية

بالإضافة إلى المنخفضات الجوية الجبهية التي يلعب عددها ودرجة فعاليتها عاملاً هاماً في خلق تباينات في أحوال الطقس ما بين أجزاء سورية المختلفة ، إذ تكون المنخفضات أكثر فعالية في الأجزاء الشمالية من البلاد منها في الأجزاء الجنوبية ، وفي الأجزاء الغربية والوسطى أكثر من الأجزاء الشرقية ، لذا فإن الأمطار تتناقص من الشمال نحو الجنوب ، ومن الغرب نحو الشرق ، وتتحسن مع هذين الاتجاهين أحوال الجو . فإن العامل التضاريسي يمارس دوراً كبيراً في خلق التباينات وإبرازها ، فالمناطق الأكثر ارتفاعاً هي أوفر تهطالاً ، وأقل حرارة من المناطق الأقل ارتفاعاً . وتكون المناطق الواقعة خلف الحواجز الجبلية قليلة الأمطار لوقوعها في ظل الأمطار ، كما هو الحال في منطقة الغاب (سورية) ، كما تكون السفوح الشرقية من الجبال أقل مطراً من السفوح الغربية المواجهة للرياح الرطبة . بالإضافة إلى ما تقدم ، فإن الأجزاء القريبة من البحر تكون أوفر مطراً ورطوبة جوية وأكثر اعتدالاً في حرارتها شتاء وصيفاً ، إذ تتدنى التطرفات الحرارية بالاقتراب

---

(١) تتصف المنخفضات الخماسينية بقلة عمقها دون مستوى ٧٠٠ مليبار (٣٠٠٠ م) .

أكثر من البحر . وبالابتعاد عن البحر تقل الأمطار ، وتنخفض الرطوبة الجوية ــ بخاصة في الصيف ــ ، ويزداد التطرف الحراري ، إذ تزداد الحرارة انخفاضاً في الشتاء ، وتشتد ارتفاعاً في الصيف .

وفصل الصيف ، هو فصل الدفء والجفاف ، ففيه يطول النهار ، ويصحو الجو وترتفع الحرارة ، ويزداد جفاف الهواء ــ ما عدا المنطقة الساحلية التي يكون جوها رطباً ــ . وتبلغ درجة الحرارة العظمى المطلقة أرقاماً تزيد عن ٤٣° م في العديد من المناطق . وأعلى درجات حرارة سجلت ، كانت في المنطقة الشرقية (تدمر ٤٩° م) والشمالية الشرقية (قره شوك ٤٧,٨° م) . كما وتنخفض درجة الحرارة في الشتاء إلى قيم متدنية تبلغ أحياناً دون ــ ١٠° م في المنطقة الداخلية من البلاد ، والأجزاء الشديدة التضرس (الحوضات ، والوديات الجبلية) .



الفصل التاسع

التنبؤ بالتقلبات الجوية

إن الأحوال الجوية في حالة تبدل مستمر ، إذ يندر أن نجد حالة جوية متطابقة تماماً مع حالة أخرى ، إنما قد تتشابه معها في بعض الأمور . غير أننا نجد أحياناً في بعض المناطق أن الأحوال الجوية تكاد تسير وفق نظام ثابت من التغير ، كما يحدث في العروض المدارية ، وفي صيف العروض شبه المدارية ، حين تكون الأشعة الشمسية هي المتحكمة في كافة التحولات اليومية في الأحوال الجوية ، وتكاد الأيام كافة تتبع نمطاً متشابهاً من اعتدال حراري عند ساعات الصباح الأولى لينكسر هذا الاعتدال مع شروق الشمس التي تبدأ ببث إشعاعاتها ، وما هي ساعة أو ساعتين حتى تشتد الحرارة ارتفاعاً ، ليستمر ارتفاعها بالتزايد حتى ينتصف النهار ، وبعد ذلك بحوالي ساعتين أو ثلاث تصل الحرارة إلى أقصاها ، لتأخذ فيما بعد بالتناقص حتى مغيب الشمس ، وليستمر بعد ذلك التبرد ، دون أن نشعر ببرودة تتطلب منا أية التزامات لحماية أنفسنا من البرد ، أو حتى أية أغطية ليلية ، وإنما نجد في الليل وبرودته النسبية ضالتنا المنشودة في الشعور بالراحة بعد ثقل حرارة النهار الشديدة . إذ يشعر المرء بجو ليلي ممتع يزيد من لطافته حركة هوائية خفيفة منعشة . ولا يعكر لطافة مثل هذه الليالي البديعة سوى

موجات حرارية تحدث فجأة وتستمر أحياناً أسبوعاً أو أكثر ، مصاحباً إياها ركود جوي مطلق ، مما يجعل الليل حاراً هادئاً ، والنهار بشدة حرارته وهدوء هوائه مزعجاً بشكل كبير .

ما المقصود بالتنبؤ

هو تقدير لاحتمال ما ستكون عليه الحالة الجوية خلال مدة زمنية مقبلة ، قد تكون ٢٤ ساعة أو أقل أو أكثر . ويمكن القول ، إن الحاجة إلى التنبؤات الجوية جاءت تلبية للعلاقة الوثيقة ما بين الأحوال الجوية وشؤون الحياة اليومية للإنسان من جهة ، ومدى ارتباط الأحياء الكبرى بالجو من جهة أخرى . فانخفاض درجة الحرارة إلى قيم متدنية يتطلب من المرء مواءمة مع ذلك ، لذا نجد أن استهلاكه من الوقود والكهرباء للتدفئة يزداد ، ويستخدم لباساً صوفياً ومعطفاً ليؤمن لنفسه الدفء الكافي حين خروجه من منزله . كما أن النباتات تتأثر بالصقيع ــ بخاصة ما كان منها ذا حساسية كبيرة ــ مما ينجم عن ذلك أضرار باهظة إذا انخفضت دون التجمد بكثير ، كما حدث في شهر شباط من عام ١٩٨٥ ، من إصابة أشجار الحمضيات بأضرار كبيرة في كافة مناطق زراعتها بالقطر السوري . كما أن موجات الحر الشديدة التي تشهدها بعض أيام فصل الصيف والتي تمثل حالات غير مألوفة كثيراً ، لا بد أن تترك بعض الآثار السلبية على النبات والحيوان ، كما وتتطلب من الإنسان استخدام العديد من الوسائل ليتجاوزها بأمان . فبالإضافة إلى وسائل التبريد والتكييف التي باتت تستخدم في العديد من البيوت مخففة من شدة الحرارة والتي لا يجد الإنسان

منها مهرباً في الخارج ، يزداد في هذه الفترات استهلاك المياه ، والمشروبات الغازية والمثلجات ... إلخ ، كما يزداد إقبال الناس على البحر والمصايف الجبلية هرباً من شدة الحر .

وفصل الشتاء ، هو الفصل الذي لا يعرف الاستقرار والانتظام في أحوال الجو ، لكونه يمثل الفترة المضطربة من السنة التي تتعاقب فيها أحوال جوية عديدة ، فتارة يكون الجو شديد الاضطراب ، وأخرى يكون مستقراً هادئاً شديد البرودة ، أحياناً صحواً ، وأخرى غائماً أو يسوده الضباب ، تارة ماطراً وأخرى مثلجاً ... وما إلى ذلك . وتتطلب هذه التقلبات السريعة في الجو اليقظة والحذر من قبل الإنسان .

ونتيجة لما لظواهر الجو من أثر في نفوس الناس وحياتهم اليومية ، فقد راقبوا تلك الظواهر وتبدلاتها ، وعرفوا الكثير عنها ، وربطوا بين بعضها معتمدين في ذلك على ملاحظاتهم المتكررة مصوغين ذلك في أقوال لها دلالات تنبؤية بأحوال الجو المقبلة ، كما في قولهم « إذا ضبضبت من باكر إحمل عصاك وسافر » أو « الشمس مطرودة » أو « ع القمر دارة الدنيا مطارة » . وهذا ما يعكس أهمية أحوال الجو في حياة الناس الأقدمين . غير أن إنسان الأمس لم يكن يملك الوسائل التي تمكنه من التنبؤ بحدوث الضباب ، أو الصقيع ، أو المطر ... إلخ . وتنبؤ الأمس ، هو نوع من أنواع التكهن أو ضرب من ضروب الاحتمال ، إما أن يصح تقديره أو يخطىء .

التطورات في مجال التنبؤات

أصبح التنبؤ الجوي في عصرنا الحالي مسألة علمية ، يقوم على مبادىء ونظريات تتحكم في مسار الظواهر الجوية ، وتحدد تعاقبها الزمني والمكاني . ولم يعد يكتفي المتنبىء الجوي بظواهر الطقس السطحية ليبني عليها أحكامه وتنبؤاته ، بل أخذ يلجأ للاستعانه بمعلومات الجو العلوية من ؛ حرارة ورطوبة ، وضغط ، ورياح ، لتمكنه من إصدار أحكامه عن الجو وتقديراته المستقبلية .

فمنذ العشرينات من هذا القرن ، حدث تحول في طرائق وأساليب التنبؤات الجوية متحولة من تنبؤات تجريبية إلى تنبؤات تقوم على قواعد ونظريات . وقد ساهمت المعدات الإلكترونية المتطورة خلال الخمس والعشرين سنة الماضية في إدخال وسائل جديدة في مجال التنبؤات الجوية ، فابتكرت طريقة لبث خريطة الجو باعتماد اللاسلكي ، وهذا ما جعل الفرصة سانحة أمام محطات التنبؤ الجوي لتلقي الخرائط جاهزة رسماً وتحليلاً بصورة مباشرة من مراكز بث رئيسية في العالم ـــ كما هو الحال في مركز بروكنل في بريطانيا ـــ ، وهذا يعني أنه أصبح تحت تصرف المتنبىء الجوي الاطلاع على أوضاع الطقس وتطوراتها المقبلة لعديد من مراكز العالم . كما أن دخول الأقمار الصناعية في مجال الأرصاد الجوية ، قدم خدمات جليلة في مجال التنبؤات الجوية ، بالإضافة إلى أجهزة الرادار التي تستطيع أن تتقصى الأمطار البعيدة ، والهطولات الأخرى ، والعواصف الرعدية ، والأعاصير ، محددة درجة قوتها ، وبعدها عن المنطقة المراد توقع أحداثها

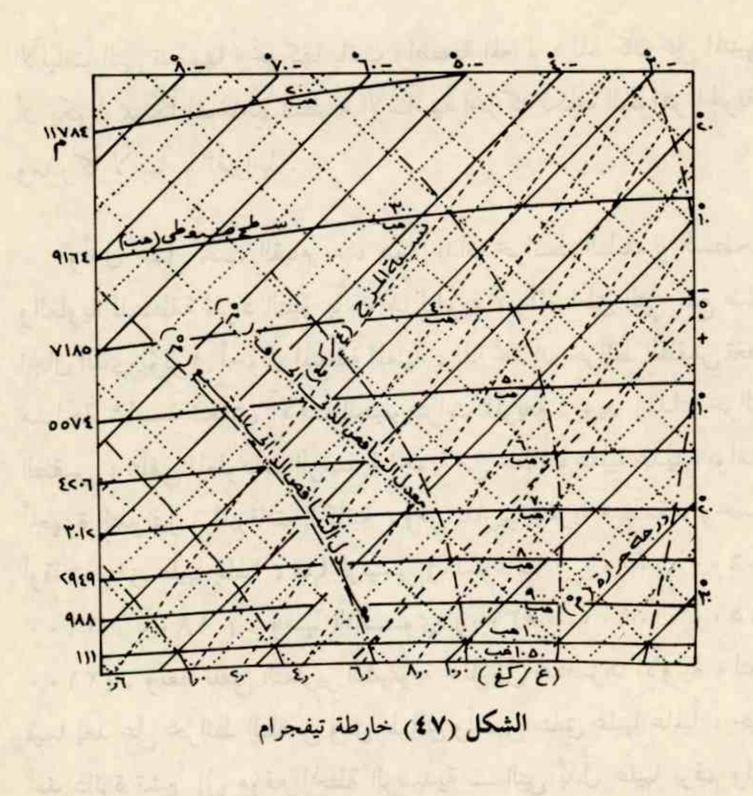
المقبلة . ولما كان موضوع التنبؤ موضوعاً علمياً بحتاً يقوم على الرياضيات الفيزيائية المعبرة عن القوانين الناظمة لفيزيائية الجو وحركيته ، لذا فقد دخل الحاسب الإلكتروني (الكمبيوتر) حديثاً في هذا الاتجاه لحل تلك المعادلات ، والقيام بالتنبؤات الجوية .

وعلى ضوء ما تقدم يمكن تحديد اتجاهين للتنبؤ ؛ أحدهما يقوم على العلاقات الرياضية الفيزيائية ، وقد استفاد هذا الاتجاه من الكومبيوتر للمساهمة في حل تلك العلاقات ، ويعرف هذا الاتجاه بالتنبؤ العددي . ويعتمد الاتجاه الآخر على الإنسان المتمرس ذي الخبرة الجيدة في أحوال الجو وتقلباته ، والمدرك جيداً للتغيرات السريعة التي تتعرض لها الأحوال الجوية ، ويعرف هذا الاتجاه بالاتجاه الشخصي ، وهو الأكثر شيوعاً حتى الآن في معظم دول العالم .

الأسس العامة للتنبؤ بأحوال الجو

تشكل خريطة الطقس الركيزة الأساسية في عمليات التنبؤ الجوي القصيرة والمتوسطة المدى ، ولم يعد يكتف المتنبىء الجوي بخريطة الطقس السطحية ، وإنما أخذ يلجأ أيضاً إلى خرائط المستويات العليا ، بخاصة مستويات ٨٥٠ ، ٥٠٠ ، ٣٠٠ ، ٢٠٠ مليبار ، وخرائط السماكة (١٠٠٠ ــ ٥٠٠ مليبار) ، كما نجده مضطراً أحياناً إلى استخدام بعض المنحنيات والخرائط البيانية ــ بخاصة خرائط التيفجرام[١] (شكل ٤٧) ــ

(١) التيفجرام ؛ مخطط بياني ترموديناميكي (حراري ــ حركي) يستخدم في دراسة الحالة الجوية في طبقات الجو العليا .



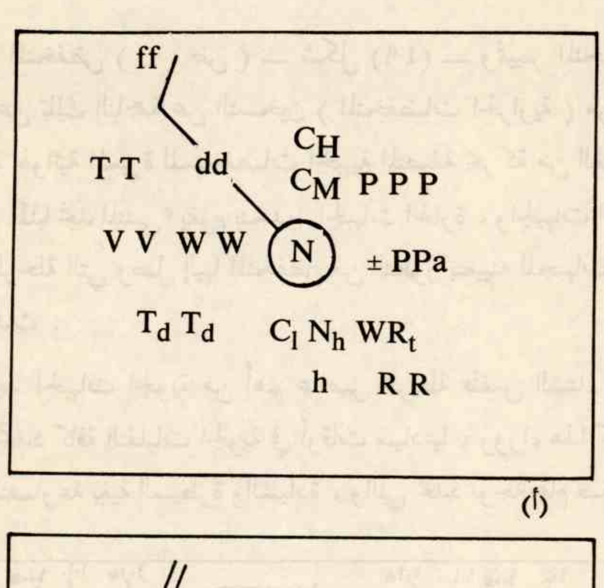
الشكل (٤٧) خارطة تيفجرام

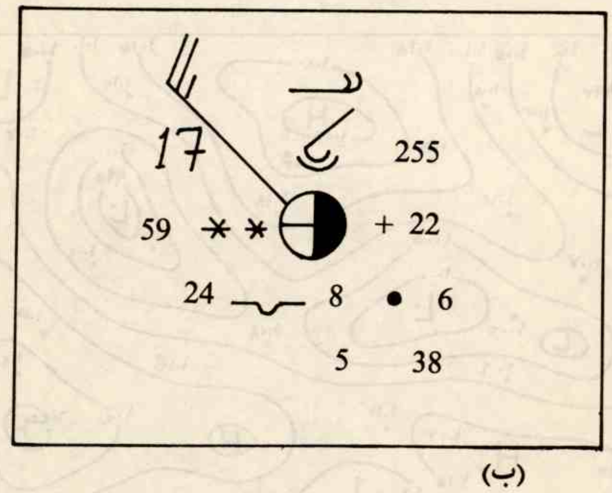
ليتبين من خلالها درجة استقرارية الجو في المستويات العليا منه . كما ويلجأ المتنبىء إلى دراسة عدد ضخم من الأوضاع الجوية السابقة والراهنة ليتمكن من تحديد وجهة التطور المستقبلية للحالة الجوية . إذ أن كل حالة مقبلة هي استمرار للأحوال السابقة والراهنة ، لذا فدراسة أحوال الجو السابقة تمكننا من إعطاء صورة عن التغيرات المقبلة .

ونتيجة لأن معظم الأوضاع الجوية أصبحت معروفة بدقة ، ولأن

الآليات التي تنظمها وتحركها باتت واضحة المعالم ، لذا كان على المتنبىء أن يكون ممتلكاً للمفاهيم النظرية الأساسية المحركة لكافة الظواهر الجوية ، ومدركاً لأسباب تغيراتها .

وأول عمل يجب القيام به ، هو إعداد خرائط الطقس السطحية والعلوية للمنطقة المراد التنبؤ بأحوالها الجوية ، وللمناطق التي تقع ضمن المجال الذي يؤثر في أحوال المنطقة المعنية ، لذا نجد أن خرائط الطقس تغطي مساحة شاسعة تتعدى آلاف الكيلومترات المربعة . ويتم إعداد خرائط الطقس ، بتلقي المعلومات الرصدية الجوية من محطات عالمية عديدة بواسطة أجهزة التلبرنتير (المبرقات الكاتبة) وفق تقارير شفرية منظمة ، وحسب أوقات متفق عليها عالمياً ، منها الرئيسي (الساعات ؛ ٠٠٠٠ ، ٠٦٠٠ ، ١٢٠٠ ، ١٨٠٠) ، ومنها الثانـــوي (٠٣٠٠ ، ٠٩٠٠ ، ١٥٠٠ ، ٢١٠٠) . وبعد تلقي التقارير الشيفرية تحلل إلى عناصرها الأولية ، لتوقع فيما بعد على خرائط الطقس وفق طرائق وأسس متفق عليها عالمياً ، حيث نجد دائرة تشير إلى موقع المحطة الرصدية ـــ التي يُدَلُّ عليها برقم وليس باسم ـــ ، يوقع بداخلها ما يشير إلى درجة تغطية السماء بالغيوم . وتوقع حول الدائرة قيم درجة الحرارة ، ونقطة الندى ، والرؤية ، ونوع الغيوم ، وارتفاع قاعدة الغيوم المنخفضة ، وكميتها ، وقيمة الضغط الجوي ، ومقدار وشكل تغير الضغط خلال الثلاث ساعات السابقة لوقت الرصدة ، ونوع الهطول وكميته ـــ شكل (٤٨) ـــ . يلي ذلك عملية رسم خطوط الضغط المتساوية ، وتحديد مناطق الضغط المرتفع (H ، ع) ومناطق

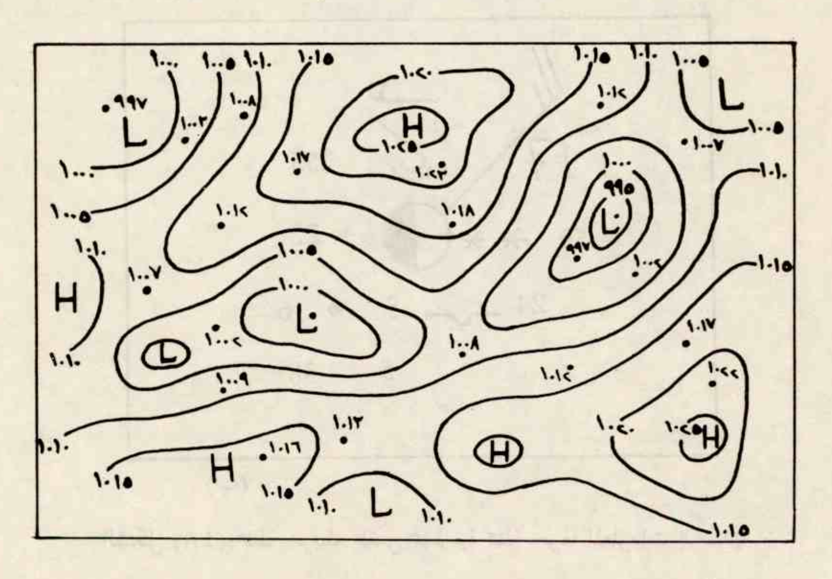




الشكل (٤٨) محطة خريطة طقس نموذجية ممثلة حولها المعلومات الرصدية

الضغط المنخفض (L ، ض) ـ شكل (٤٩) ـ وتمييـز المنخـفضات الجبهية عن تلك الناجمة عن التسخين (المنخفضات الحرارية) من خلال الجبهات الهوائية المميزة للمنخفضات الجبهية المتصفة بحركة من الغرب نحو الشرق . لذا نجد المتنبىء يقوم بتحديد الجبهات الحارة ، والجبهات الباردة ، ويبين المرحلة التي وصل إليها المنخفض من التطور بتعيينه للجبهات الممتلئة إن وجدت .

وتعد الجبهات الجوية من أهم عناصر خريطة طقس الشتاء أهميـة ، لكونها تحدد كافة التقلبات الجوية في أوقات سيادتها ، ووراء هذا كله كتل الهواء المتصارعة بغية السيطرة والسيادة ، والتي تحدد بوجه عام صفة الحالة

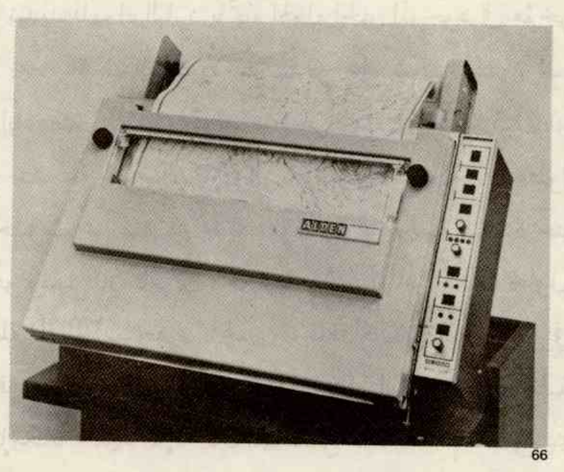


الشكل (٤٩) خريطة طقس سطحية تظهر فيها توزيعات الضغط الجوية

الجوية السائدة والتي ستسود ، حسب كون الكتلة الهوائية ؛ قطبية باردة جافة ، أم قطبية باردة رطبة ، مدارية رطبة ، أم مدارية جافة ، هل هي مستقرة أم مضطربة ، ويحدد استقرارها واضطرابها إما تسخنها أو تبردها من قاعدتها ، أو اصطدامها ببعض لتشكل جبهة تدل دلالة واضحة على حالة عدم الاستقرار لما يرافقها من تغيم وهطول . وتشير الجبهة الحارة إلى تقدم الهواء الحار على حساب الهواء البارد الذي يتراجع أمامه ، ويرتفع الهواء الحار المندفع فوق الهواء البارد بزاوية ٠,٥ ــ ١ درجة ، متعرضاً بذلك للتبرد والتكاثف ، إذ تشاهد في السماء غيوم السمحاق ، فالسمحاق الطبقي ، فالطبقي المتوسط ، فالمزن الطبقي الذي يترافق بهطول أمطار على مقربة من قاعدة الجبهة عند سطح الأرض . أما الجبهة الباردة ذات الميل ١ ــ ٢ درجة ، فهي التي تقع في الجزء الأخير من المنخفض ، والناتجة عن اندفاع شديد للهواء البارد باتجاه الهواء الحار الموجود في مؤخرة الجبهة الحارة ، مما يجعل الهواء البارد الأثقل يندس على شكل إسفين تحت الهواء الحار رافعاً إياه بعنف للأعلى متولداً من جراء ذلك تبرد وتكثف لبخار ماء الهواء الحار متشكلة غيوم الركام والركام المزني المترافقة مع هطول أمطار غزيرة ، وحدوث عواصف رعدية . وما إن تمر الجبهة الباردة حتى يأخذ الجو بالصحو والميل للاستقرار ، مع رياح شمالية المنشأ . كما يحاول المتنبىء تقدير المرحلة المقبلة للمنخفض الجوي ، فإذا كان وضعه الراهن في مرحلة الامتلاء ، فإنه من خلال معرفته لصفة الهواء البارد أمام وخلف جبهة الامتلاء ، بإمكانه تحديد ما إذا كان المنخفض سيتجدد أم لا ، ومدى فعاليته المنتظرة وعمقه ... إلخ .

كما ويعمد المتنبىء إلى تحليل خرائط الطقس العلوية ، ومعرفة درجة الاستقرار . ولا يغفل الخرائط المستلمة بواسطة أجهزة الفاكسيملي ـ شكل (٥٠) ـ . يلي ذلك كله رسم خريطة تنبؤ يُظْهِرُ فيها الأوضاع الجوية المتوقعة خلال مدة الـ ٦ ساعات ، أو الـ ١٢ ، أو الـ ٢٤ ساعة القادمة ـ منطلقاً من الأحوال الجوية الراهنة والسابقة ، ونظام سير بعض الظواهر ـ ، ليعلن بعدها تنبؤاته عما سيؤول إليه الجو .

ومما لاشك فيه ، فإنه يتوجب على المتنبىء أن يكون على دراية تامة بالحالة المناخية العامة للمنطقة ، والعوامل المتداخلة المؤثرة في المناخ ، ومدركاً لكافة القواعد العامة المحددة لسير الظواهر الجوية ، والمتمثلة في الآتي :



الشكل (٥٠) جهاز فاكسيميلي في مرحلة استلام خريطة طقس محللة

أ ــ بالابتعاد عن المدارين ناحية القطبين ، تنعكس الفصلية المناخية ، حيث يأخذ فصل الشتاء بالبروز واضحاً بأمطاره واضطراب طقسه وشدة رياحه ، ويميل الصيف نحو الدفء والجفاف ــ وإن كان في العروض المعتدلة الباردة يتصف بهطولات محلية واضحة ، ومنخفضات جوية تبدو ذات فعالية أحياناً ــ .

ب ــ ينجم عن ازدياد عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية في فصل الربيع ــ في سورية ــ زيادة في التسخين ، وتحرك للهواء شاقولياً مترافقاً مع غيوم ركامية مزنية وأمطار غزيرة ، كما وينجم عن التسخين في فصل الصيف تشكل عواصف ترابية .

ج ــ تتمركز الضغوط المرتفعة شتاء فوق اليابسة ، بينما تكون الضغوط المنخفضة متمركزة فوق البحار . وحيثما تحركت الضغوط المنخفضة بجبهاتها الحارة والباردة شتاء فثمة توقع هطول وتغير في الطقس . كما تتركز الضغوط المنخفضة فوق اليابس صيفاً ، والضغوط المرتفعة فوق البحار ، مما يساعد ذلك على تشكل العواصف الترابية والرملية فوق المناطق الجافة .

د ــ تتصف الجبهة الباردة بزيادة سرعة الرياح وتغير اتجاهها عند مرورها ، ومصاحبتها بالهطول الذي يكون عادة على شكل زخات ، كما ترافقها الثلوج أحياناً في فصل الشتاء . ويعقب مرورها انخفاض في درجة الحرارة ، وميل نحو الاستقرار وصحو السماء .

هـ ــ تتصف الجبهة الحارة ، بانخفاض سرعة الرياح ، وتغير اتجاهها

وسرعتها عند مرورها ، وكذلك تدني كمية الهطول قياساً بهطول الجبهة الباردة ، إلا أن هطول الجبهة الحارة يتميز باستمراريته . وقد يرافقها تشكل الضباب . وتميل درجة الحرارة للارتفاع وقتياً بعد مرورها ، حتى تأتي الجبهة الباردة .

النشرة الجوية في الصحافة والإذاعة والتلفزيون

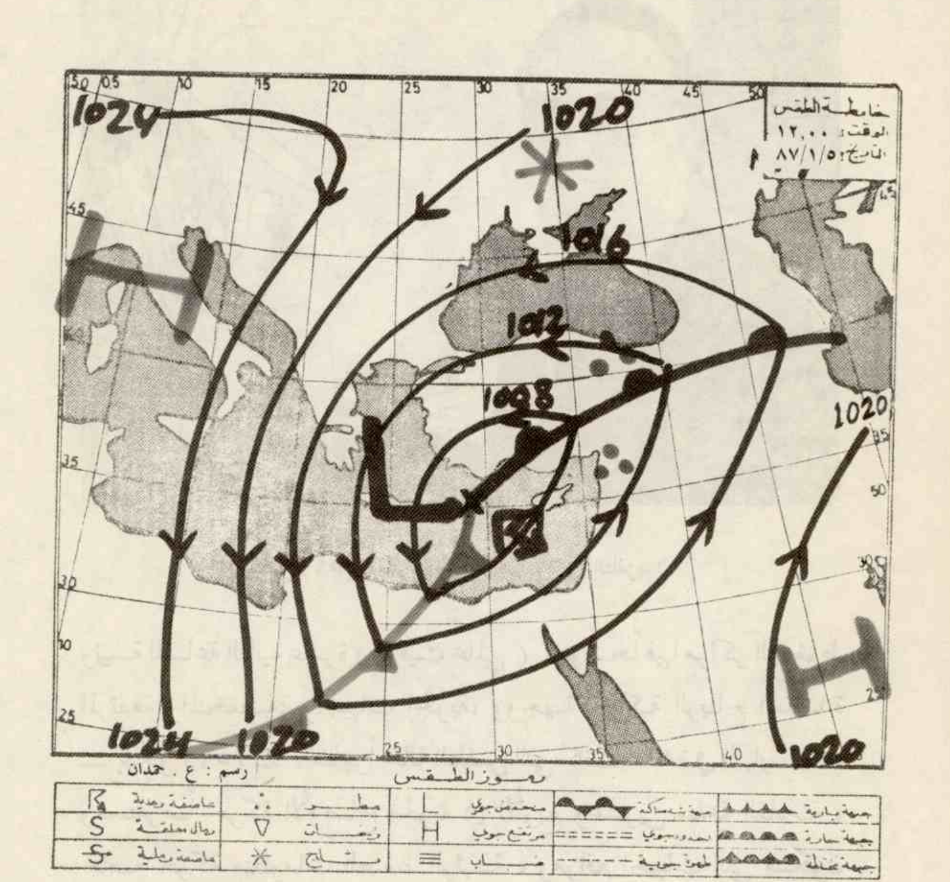
أصبحت نشرة الأحوال الجوية في كل من الإذاعة والتلفزيون أحد الأمور الأساسية التي تهم الناس بمختلف فئاتهم ، فالمزارع يهمه جداً معرفة ما سيكون عليه الطقس نهار الغد ، والتاجر ، والموظف ، وربة البيت في بيتها، والمسافر بعيداً أم قريباً، ومربي الأغنام إلى غير هؤلاء من فئات الناس . لذا نجدهم يرقبون سماع نشرة الطقس من المذياع في الصباح ، والظهيرة ، وأحياناً المساء ، تلك النشرة التي تبدو مختصرة مفيدة ، مشيرة إلى حالة الجو إن كان صحواً أم غائماً ، ووجهة الرياح وشدتها ، وما إذا كان من المتوقع حدوث تهطال أم لا ، ودرجة الرؤية ، وحالة البحر ، بالإضافة إلى درجات الحرارة الصغرى والعظمى المتوقعة .

أما النشرة الجوية التي يصدرها التلفزيون ــ شكل (٥١) ــ فهي نشرة تتصف بتفاصيل أكثر من نشرة المذياع . وفي سورية والأردن ، فإن ميعاد هذه النشرة المفصلة يكون في نهاية النشرة الإخبارية الرئيسة الأولى (الساعة الثامنة والنصف مساء في سورية ، والساعة الثامنة مساء في الأردن بتوقيتها الشتوي) وفيها يعرض المتنبىء للمشاهدين خارطة طقس سطحية



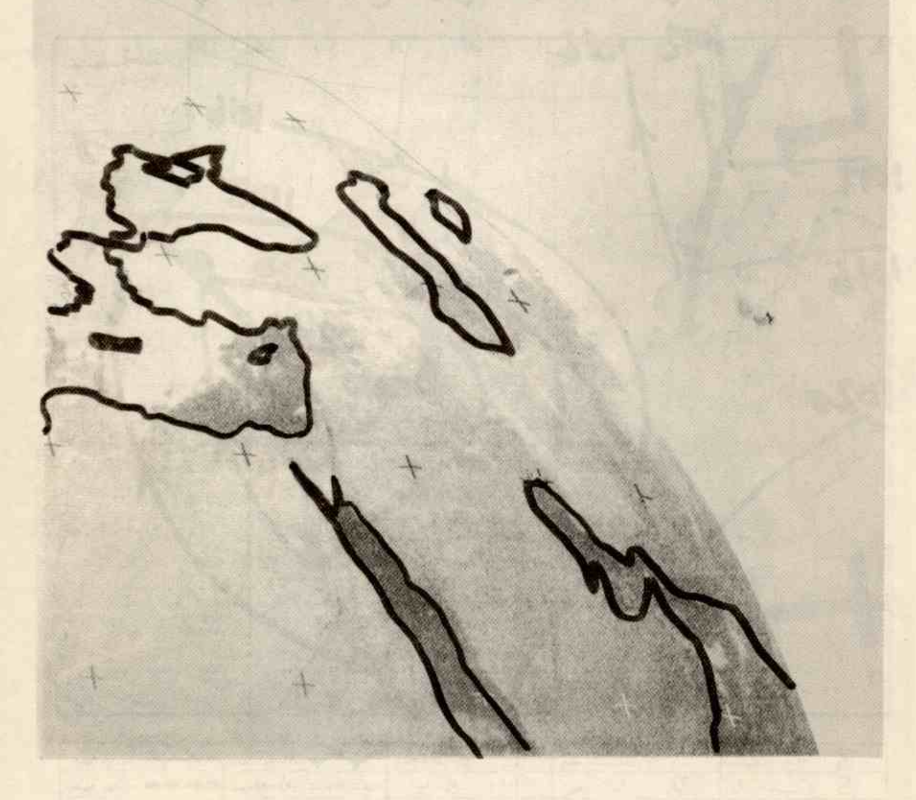
الشكل (٥١) النشرة الجوية الصادرة في التلفزيون

رئيسة للساعة الثانية عشرة (توقيت عالمي) ، موضحاً فيها مراكز الضغوط المرتفعة والمنخفضة، والجبهات الجوية، ووجهة حركة الرياح السائدة ــ شكل (٥٢) ــ ، مظهراً حالة الطقس التي كانت سائدة في النهار نفسه، ومستعرضاً حركة الأوضاع الجوية في الأربع وعشرين ساعة القادمة ، خاصة حركة منظومات الضغط الرئيسة ، ومواقع الجبهات التي ستكون عليها في اليوم التالي . ويستعين في ذلك بصورة الأقمار الصناعية التي تبين درجة التغيم ونوعها ، وموقع المنخفضات الجبهية ــ شكل (٥٣) ــ ، ليعقب ذلك بعرض خارطة تنبؤ مبسطة ، يشير فيها إلى الحالة المتوقعة ،



الشكل (٥٢) خريطة طقس ليوم ٥ كانون الثاني عام ١٩٨٧

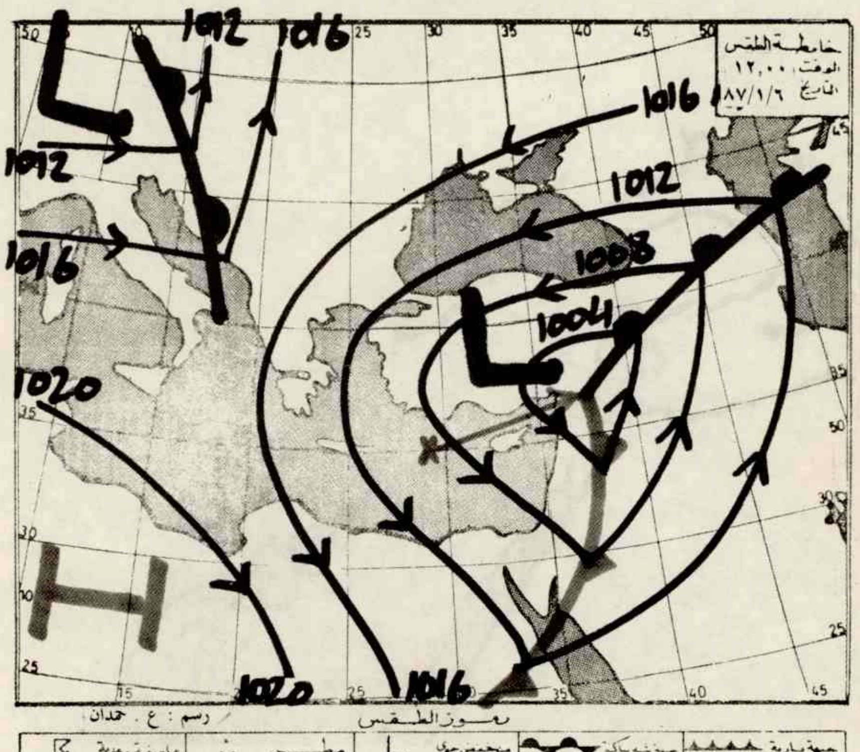
(الساعة ١٢,٠٠)



الشكل (٥٣) صورة ملتقطة بواسطة القمر الصناعي الأوروبي ميتوسات وقد تم استلامها بواسطة محطة الاستقبال في مبنى المديرية العامة للأرصاد الجوية بدمشق

ودرجات الحرارة العظمى والصغرى ـ شكل (٥٤) ـ .

وتعد النشرة الجوية التي تنشر في الصحف السورية صورة مطابقة للنشرة التي تذاع في المذياع ، وهي النشرة نفسها التي نجدها معلقة في



الشكل (٥٤) خارطة تنبؤ مسبقة مبسطة كما ترد في نشرة التلفزيون للحالة الجوية المتوقعة في يوم ٦ كانون الثاني عام ١٩٨٧

بناء مديرية الأرصاد الجوية بدمشق . وفيما يلي نشرة الطقس الصادرة في صحيفة البعث السورية بتاريخ ٢٣ نيسان عام ١٩٨٦ :

« يكون الجو صحواً بشكل عام ، ودرجات الحرارة حول المعدل السنوي ، وتظهر السحب العليا والمتوسطة بعد الظهر في أماكن متفرقة . الرياح شمالية شرقية ، بين الخفيفة والمعتدلة . البحر خفيف الموج والرؤية جيدة . درجات الحرارة العظمى والصغرى : منطقة دمشق ٢٥ ، ٨ — المرتفعات الجبلية ٢١ ، ٦ — المنطقة الجنوبية ٢٦ ، ٩ — المنطقة الوسطى ٢٣ ، ٨ — المنطقة الساحلية ٢٣ ، ١٥ — المنطقة الشرقية ٢٧ ، ١٣ — المنطقة الشمالية ٢٣ ، ٨ — منطقة الجزيرة ٢٥ ، ١٠° م » .

وتبدو تلك النشرات التي تذاع وتعرض ، مبسطة ، لذا يجب على المواطن أن لا يعول عليها مطلق ثقته ، لأن احتمالات خطأ التقدير موجودة . واحتمالات الخطأ يمكن أن تكون ناجمة عن أحد أمرين ؛ إما عدم مهارة المتنبىء وقلة خبرته ، أو بسبب حدوث انزياح مفاجىء في الأوضاع الجوية المقبلة لا يمكن للمتنبىء الإحاطة بها . ومع ذلك فإن موضوع التنبؤ في حالة تطور مستمرة ، ودقته تتزايد يوماً بعد يوم ، واحتمالات الصواب تفوق بما لا يقارن احتمالات الخطأ .



المراجع

ـــ ايفان راي تاينهيل « الجو وتقلباته » . ترجمة : محمد جمال الدين الفندي ، القاهرة ، ١٩٦١ .

ـــ عبد العزيز طريح شرف « الجغرافيا المناخية والنباتية » . الاسكندرية ١٩٧٤ .

ـــ علي موسى « مناخ سورية » دمشق ، ١٩٧٨ .

ـــ علي موسى « أسس الجغرافيا الطبيعية » دمشق ، ١٩٨٣ .

ـــ علي موسى « جغرافية المناخ » دمشق ، ١٩٨٣ .

ـــ علي موسى « الرصد والتنبؤ الجوي » . دمشق ، ١٩٨٦ .

ـــ فورسد إيك ، أ . ج « الطقس »ترجمة : نبيلة منسي ، معهد الإنماء العربي ، بيروت ، ١٩٨١.

ـــ لؤي أهدلي « علم المناخ والأرصاد الجوية » دمشق ، ١٩٧٣ .

ـــ محمد جمال الدين الفندي « الطبيعة الجوية » القاهرة ، ١٩٦٢ .

ـــ نعمان شحادة « علم المناخ » عمان ، ١٩٨٣ .

- Ayoade, J.O « Introduction to climatology for the Tropics ». Chichester, 1983.

- Barry, R.G. & Chorly, R.J. « Atmosphere, Weather and Climate ». London, 1972.

- Blair, T & Fite, R.C. « Weather Elements ». New York, 1965.

- Lockwood, J.G. « Causes of climate » London, 1979.
- Riehl, H. « Introduction to the Atmosphere ». New York, 1978.
- Strahler, A.N. & Strahler, A.H.« Modern Physical Geography » New York, 1978.
- Tarbuck, E.J. & Lutgens, F.K.« Earth Science », Ohio, 1976.
- Trewartha, G.T. « Introduction to Climate ». New York 1954.

الفهرس

المقدمة ٥
الفصل الأول ـ ماذا عن الغلاف الجوي.......................... ٩
مم يتكون الغلاف الجوي ؟.................................. ١٠
مم يتكون الهواء النقي ؟.................................. ١١
الشوائب في الجو.. ١٣
الاختلاف الأفقي في المكونات الجوية.......................... ١٤
الاختلاف الشاقولي في المكونات الجوية......................... ١٦
أهمية مكونات الجو بالنسبة للأحوال الجوية....................... ١٨
أغلفة الجو الفرعية ، وأهميتها في أحوال الأرض الجوية.............. ٢٠
الفصل الثاني ـ ما المقصود بالحالة الجوية ، وكيف يعبر عنها؟..... ٢٦
مفهوم الحالة الجوية...................................... ٢٦
الجو ، والطقس.. ٢٨
ما سبب التقلبات الجوية................................... ٣٠
الاختلاف في لغة التعبير عن الحالة الجوية....................... ٣٣
الفصل الثالث ـ ماذا وراء التقلبات الجوية...................... ٤٦
الشمس والتقلبات الجوية................................... ٤٧
المظاهر الأرضية... ٥٦
الطاقة الشمسية .. مصدر الطاقة الحركية للهواء.................. ٥٩

الموضوع	الصفحة

الفصل الرابع ــ مراكز العمل الجوية ودورها في التقلبات الجوية... ٦٢
مراكز العمل الجوي.. ٦٢
كيف تتشكل الضغوط المرتفعة والمنخفضة........................ ٦٥
ما هي ظواهر الجو المرافقة لمراكز العمل الجوية.................... ٦٨
الاختلافات الفصلية في توزيعات الضغط الجوي ودورها في الأحوال الجوية.. ٧١
الضغوط المرتفعة منابع الكتل الهوائيـة............................ ٧٣
تغير الضغط الجوي مع الارتفاع................................ ٧٦
حركة الهواء الرأسية والأفقية ، وظواهر الطقس المرافقة.............. ٧٩
التقلبات اليومية في حركـة الهواء................................ ٨٧
الفصل الخامس ــ التكاثف ومظاهره............................ ٨٩
شروط حدوث التكاثف.. ٩٠
مظاهر التكاثف.. ٩٢
الفصل السادس ــ التهطال وأشكاله............................ ١٠١
كيف يحدث التهطال.. ١٠٢
أسباب الاختلاف في كمية الأمطـار............................ ١٠٥
الثلج.. ١١٢
البرد.. ١١٤
الفصل السابع ــ العواصف والأعاصير.......................... ١١٩
العواصف الرعدية.. ١٢٠
العواصف الريحية والترابية...................................... ١٢٣

الموضوع	الصفحة

الأعاصير ١٢٣
أعاصير العروض الوسطى ١٢٣
الأعاصير المدارية.................................... ١٣١
الفصل الثامن ــ ماذا عن الملامح العامة
لتقلبات الجو في القطر العربي السوري.................... ١٣٦
التباينات الفصلية في الأحوال الجوية.................... ١٣٧
التباينات المكانية في الأحوال الجويـة.................... ١٤٠
الفصل التاسع ــ التنبؤ بالتقلبات الجوية.................... ١٤٢
ما المقصود بالتنبؤ.................................... ١٤٣
التطورات في مجال التنبؤ.................................... ١٤٥
الأسس العامة للتنبؤ بأحـوال الجو.................... ١٤٦
النشرة الجوية في الصحافة والاذاعة والتلفزيون.................... ١٥٤
المراجع.................................... ١٦١

صدر للمؤلف

ــ القارة القطبية الجنوبية ؛ دار الآداب للعلوم والفنون ، دمشق ، ١٩٧٦م .
ــ مناخ سورية ؛ مطبعة الحجاز ، دمشق ، ١٩٧٨م .
ــ المناخ الإقليمي ؛ مكتب الأنوار ، دمشق ، ١٩٧٨م .
ــ المناخ العملي ؛ مكتب الأنوار ، دمشق ، ١٩٧٩م .
ــ جغرافية العالم الإقليمية ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨١م .
ــ جغرافية القارات (بالاشتراك : حمادي) ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٢م .
ــ أسس الجغرافية الطبيعية ؛ مكتب الأنوار ، دمشق ، (ط٢) ١٩٨٢م .
ــ جغرافية المناخ ؛ جامعة دمشق ، دمشق ، ١٩٨٢م .
ــ الوجيز في المناخ التطبيقي ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٢م .
ــ علم الفلك ، أسسه ومفاهيمه (بالاشتراك : ريس) ؛ دار دمشق ، ١٩٨٢م .
ــ المنظومة الشمسية (بالاشتراك : ريس) ؛ دار دمشق ، ١٩٨٣م .
ــ تاريخ علم الفلك (بالاشتراك : ريس) ؛ دار دمشق ، ١٩٨٤م .
ــ محافظة حماه ؛ وزارة الثقافة والإرشاد القومي ، ١٩٨٥م .
ــ المذنبات (بالاشتراك : ريس) ؛ دار دمشق ، ١٩٨٦م .
ــ المعجم الجغرافي المناخي ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٦م .
ــ التغيرات المناخية ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٦م .
ــ الرصد والتنبؤ الجوي ؛ دار دمشق ، دمشق ، ١٩٨٦م .
ــ الجغرافية الكمية ؛ جامعة دمشق ، دمشق ، ١٩٨٦م .
ــ البيئة والتلوث ؛ جامعة دمشق ، دمشق ، ١٩٨٧م .
ــ المناخ والأرصاد الجوية ؛ جامعة دمشق ، دمشق ، ١٩٨٧م .
ــ الجو وتقلباته ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٧م .

ـ السحب ؛ دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٧م .
ـ الأحوال الجوية في الأمثال الشعبية ؛ وزارة الثقافة والإرشاد القومي ، دمشق ، ١٩٨٨م .

قيد الطباعة والنشر

ـ مناخات العالم ؛ دار الفكر ، دمشق .
ـ أطلس السحب ؛ دار الفكر ، دمشق .
ـ العواصف والأعاصير ؛ دار الفكر ، دمشق .
ـ التلوث الجوي ؛ دار الفكر ، دمشق .
ـ المناخ الزراعي ؛ دار الفكر ، دمشق .
ـ درب التبانة (بالاشتراك) ؛ دار دمشق .

مقالات

ـ أقاليم الكفاية المائية في سورية ، المجلة الجغرافية ، الجمعية الجغرافية السورية ، المجلد الأول ، ١٩٧٦م .
ـ تغير الأمطار في سورية ؛ المجلة الجغرافية ، الجمعية الجغرافية السورية ، المجلد الرابع ، ١٩٧٩ .
ـ التبخر ، النتح الممكن ومدلولاته المناخية والحيوية ، مجلة جامعة دمشق ، المجلد ٢ ، العدد ٧ ، ١٩٨٦م .
ـ الاتجاه العام للأمطار والحرارة في سورية خلال فترة التسجيلات الرصدية ؛ المجلة الجغرافية ، الجمعية الجغرافية السورية ، ١٩٨٨م .
ـ قرائن الرطوبة وتطبيقاتها على سورية ، المجلة الجغرافية ، الجمعية الجغرافية السورية ، ١٩٨٨م .

العلاقة بين الإنسان والطبيعة حقيقة واقعة لا شك فيها ، ولكن أثر الطبيعة في الإنسان غالباً ما يكون أقوى من أثره فيها ، ولا سيما ما يأتينا من سافل الأرض - كالزلازل - أو من أعالي الجو - كالأعاصير والصواعق - . وفي هذا الكتاب كلام وافٍ على الغلاف الجوي ، وشوائب الجو ، ومتغيّراته الأفقية والشاقولية ، والمطر والثلج والبَرَد ، والرياح والعواصف والأعاصير .

ولا ريب أنّ في معرفة الإنسان لهذه الأمور وعواملها استكثاراً لخيرها واحترازاً من شرها ، ولهذا القصد ننشره .



الموزعون

دار الحكمة اليمانية ج. ع. ي - صنعاء - شارع القصر الجمهوري - ص . ب (١١٠٤١)
برقياً (حكمة) هاتف ٢٧٢٤٧٤ ، ٧٣٥٨٤ - تلكس : HEKMA ٢٩٤٣ YE

دار الكوثر المملكة العربية السعودية - الرياض (١١٥٣٤) ص . ب (٥٥٤٩٠)